

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Juni 2003 (12.06.2003)

PCT

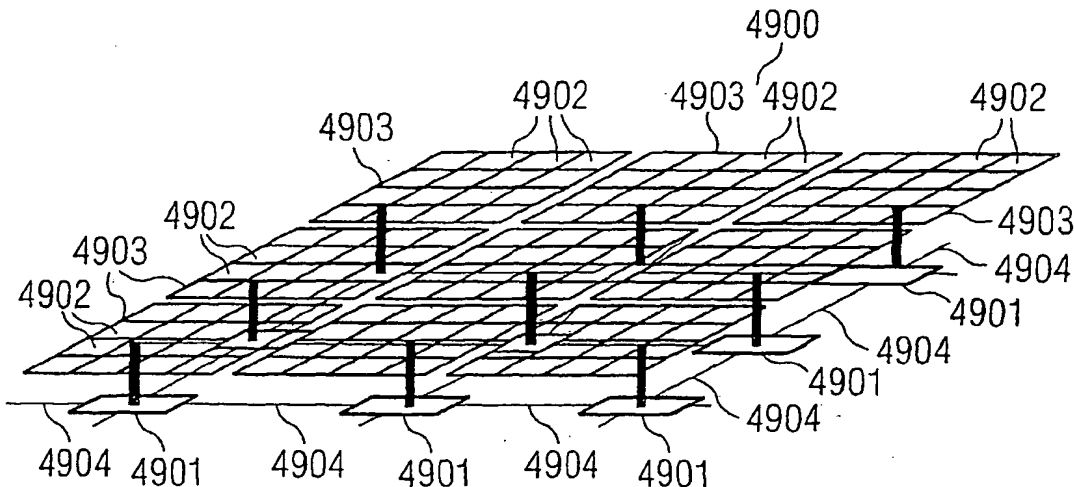
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/048953 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G06F 15/16** (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04373 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BUCHMEIER, Anton, Georg** [DE/DE]; Putzbrunner Str. 1, 85521 Ottobrunn (DE). **JUNG, Stefan** [DE/DE]; Holzstr. 15d, 80469 München (DE). **STURM, Thomas** [DE/DE]; Am Sportpark 5, 85551 Kirchheim (DE). **STÖHR, Annelie** [DE/DE]; Heidelberger Str. 12, 80804 München (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 28. November 2002 (28.11.2002)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: **DOKTER, Eric-Michael**; Viering, Jentschura & Partner, Steinsdorfstr. 6, 80538 München (DE).
(30) Angaben zur Priorität:
101 58 784.8 30. November 2001 (30.11.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
101 58 781.3 30. November 2001 (30.11.2001) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE). (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINATION OF A SEPARATION FROM PROCESSOR UNITS TO AT LEAST ONE REFERENCE POSITION IN A PROCESSOR ARRANGEMENT AND PROCESSOR ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES ABSTANDS VON PROZESSOREINHEITEN ZU MINDESTENS EINER REFERENZPOSITION IN EINER PROZESSOR-ANORDNUNG UND PROZESSOR-ANORDNUNG



(57) Abstract: A processor arrangement comprises a number of processor units. Each processor unit is coupled to at least one adjacent processor unit by means of a bi-directional communication interface. Messages are exchanged between adjacent processor units for the determination of the separation of a processor unit in the processor arrangement from a reference position. Each message contains separation information, giving the separation of the processor unit receiving the message from the reference position or the separation of the processor unit sending the message from the reference position, where each processor unit is embodied such as to be able to determine or store the separation thereof from the reference position from the separation information in a received message.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/048953 A2

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Prozessor-Anordnung weist eine Vielzahl von Prozessoreinheiten auf, • wobei jede Prozessoreinheit über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens einer benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt ist und wobei zum Ermitteln des jeweiligen Abstands einer Prozessoreinheit der Prozessor-Anordnung von einer Referenzposition Nachrichten ausgetauscht werden zwischen einander benachbarten Prozessoreinheiten, • wobei jede Nachricht eine Abstandsinformation enthält, welche den Abstand einer die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder den Abstand einer die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit von der Referenzposition angibt, und • wobei jede Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass aus der Abstandsinformation einer empfangenen Nachricht der eigene Abstand zu der Referenzposition ermittelbar ist oder speicherbar ist.

Beschreibung

Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von Prozessoreinheiten zu mindestens einer Referenzposition in einer Prozessor-

5 Anordnung und Prozessor-Anordnung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von Prozessoreinheiten zu mindestens einer Referenzposition in einer Prozessor-Anordnung sowie eine
10 Prozessor-Anordnung.

Wenn eine Prozessor-Anordnung mit einer Vielzahl von Prozessoren derart hergestellt worden ist, dass die örtliche Position der einzelnen Prozessoren innerhalb der Prozessor-
15 Anordnung nicht bekannt ist, können die einzelnen Prozessoren nicht individuell adressiert werden.

Vor dem Einsatz der Prozessor-Anordnung müssen die Prozessoren jedoch organisiert werden, damit die örtliche
20 Position der einzelnen Prozessoren innerhalb der Prozessor-Anordnung ermittelt werden kann und damit die Prozessoren innerhalb der Prozessor-Anordnung individuell adressieren zu können.

25 Die Organisation sollte selbst bei auftretenden Fehlern im Rahmen der Herstellung der Prozessor-Anordnung oder bei späteren Ausfällen eines oder mehrerer Prozessoren oder einer oder mehrerer Verbindungen zwischen den Prozessoren durchführbar sein.

30

Ein Beispiel einer solchen Prozessor-Anordnung ist in einer Pixel-Anordnung zu sehen, wobei jedem Pixel der Pixel-Anordnung ein Prozessor zugeordnet ist, der das Pixel ansteuern kann. Das Pixel kann als ein bildgebendes Element
35 ausgestaltet sein oder auch als ein Sensorelement, so dass die Pixel-Anordnung als ein Anzeigeeinheit oder als ein Sensorfeld ausgestaltet sein kann.

In einer Pixel-Anordnung mit einer Vielzahl von Pixeln, insbesondere bei einer großflächigen Punkt-Matrix-Anzeigeeinheit oder einem großflächigen Sensorfeld treten
5 oftmals erhebliche Probleme auf.

Eine solche Pixel-Anordnung weist beispielsweise für den Fall, dass sie als sogenannte "elektronische Zeitung" eingerichtet ist, pro Seite mehrere Millionen Bildpunkte, das
10 heißt Pixel, auf.

Im Folgenden wird unter einer Pixel-Anordnung eine homogene Pixelmatrix verstanden, welche von deren Rändern aus angesteuert bzw. adressiert wird. Eine solche Anzeigematrix
15 oder eine Sensormatrix, das heißt allgemein eine solche Pixel-Anordnung, weist beispielsweise aktive nicht-lineare Auswahleinrichtungen auf wie beispielsweise Dünnfilmtransistoren (Thin Film Transistors, TFTs) in Flüssigkristall-Anzeigeeinheiten (Liquid Crystal Displays,
20 LCDs), welche in ihrer Größe bzw. Dimensionalität begrenzt sind durch die Eigenschaften der Dünnfilmtransistoren sowie durch die parasitären Widerstände der Datenleitungen, welche zur Übertragung der Signale von und zu den einzelnen Pixeln verwendet werden.

25 Die Dünnfilmtransistoren müssen in der Praxis ein Stromverhältnis zwischen dem Strom, der bei einem Einschalt-Zustand fließt (I_{on}) zu dem Strom, der bei einem Ausschalt-Zustand fließt (I_{off}) von 10^5 bis 10^6 aufweisen. Hohe
30 elektrische Widerstände der sehr dünnen und sehr langen Datenleitungen in einer solchen Pixel-Anordnung sowie ein niedriger Strom bei dem Einschalt-Zustand begrenzen die Zugriffszeit auf einzelne Zeilen bzw. Spalten der üblicherweise in einer Matrix angeordneten Pixel in der
35 Pixel-Anordnung.

Dies führt zu einer nur sehr langsamen elektrischen Aufladung der einzelnen Pixelelemente. Ferner führt ein zu hoher Strom bei einem Ausschalt-Zustand der Pixel-Anordnung bei einem zeilenweisen oder spaltenweisen Abrastern der matrixförmigen Pixel-Anordnung zu einem Ladungsverlust elektrischer Ladungen in den Pixelkondensatoren, wenn diese gerade nicht ausgewählt sind. Aus diesem Grund darf ein Ansteuerungszyklus, das heißt ein Zeitintervall, zwischen denen jeweils eine Ansteuerung der einzelnen Pixelelemente in der Pixel-Anordnung erfolgt, nicht zu lang werden.

Die oben genannten Probleme sind beispielsweise in [1] und in [2] im Zusammenhang mit dem Entwurf von Flüssigkristall-Anzeigeeinheiten bzw. elektrophoretischen Anzeigeeinheiten mit Dünnfilmtransistoren als Ansteuertransistoren erläutert.

Ferner ist der Herstellungsprozess von Flüssigkristall-Flachbildschirmen extrem aufwändig und stör anfällig.

Die oben beschriebenen Probleme verschärfen sich noch bei großflächigen und flexiblen Displays, das heißt bei großflächigen und biegsamen Anzeigeeinheiten wie beispielsweise bei einer elektronischen Zeitung, insbesondere für den Fall, dass für die Schaltelemente kostengünstige Herstellungsverfahren wie beispielsweise Druckverfahren zum Herstellen von druckbaren Transistoren eingesetzt werden, beispielsweise also im Bereich der Polymerelektronik. Solche Transistoren besitzen typischerweise ein Verhältnis von I_{on}/I_{off} von 10^4 bis 10^5 . Jedenfalls sind die Transistoren, welche in Polymerelektronik realisiert sind, in ihren Eigenschaften noch schlechter als konventionelle Dünnfilmtransistoren auf Siliziumbasis. Solche Polymerelektronik-Transistoren eignen sich jedoch nur für Anzeigeeinheiten mit einigen Hundert Bildzeilen bzw. Bildspalten.

Ein besonderes Problem ist noch darin zu sehen, dass die Ausbeute bei der Herstellung einer Pixel-Anordnung aufgrund der sehr großen Fläche geringer wird. Dies ist auf die höhere Fehlerwahrscheinlichkeit bei einem solchen

5 Herstellungsprozess zurück zu führen. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Anzahl fehlerhafter Bildpunkte bzw. Bildbereiche oder fehlerhafter Sensorpunkte, das heißt Sensorelemente größer wird mit größer werdender Fläche der Pixel-Anordnung.

10

In der Handhabung einer sehr dünnen, flexiblen und eventuell großflächigen Anzeigeeinheit ist auch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von neuen Defekten bzw. Schäden während der Handhabung hoch. Bei einer konventionellen Adressierung einer
15 matrixförmigen Pixel-Anordnung würde ein Defekt in der Matrix sofort zu einem Zeilenfehler bzw. Spaltenfehler führen oder es würde sogar ein ganzer Bereich der Pixel-Anordnung ausfallen.

20 Die oben beschriebenen Probleme wurden versucht gemäß dem Stand der Technik dadurch zu lösen, dass die Eigenschaften der Auswahltransistoren, das heißt insbesondere das Verhältnis von I_{on} zu I_{off} verbessert wurden sowie durch verbesserte Herstellungsverfahren. Ein Schutz gegen
25 mechanische Belastung eines Flachbildschirms wurde durch ein entsprechendes Gehäuse oder aber durch ein spezielles Packaging versucht zu erreichen.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zum
30 Bestimmen eines Abstandes von Prozessoren zu mindestens einer Referenzposition in einer Prozessor-Anordnung sowie eine Prozessor-Anordnung anzugeben, bei dem bzw. bei der zumindest ein Teil der oben genannten Probleme des Standes der Technik reduziert werden.

35

Das Problem wird durch das Verfahren sowie durch die Pixel-Anordnung mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

- 5 Bei einem Verfahren zum Bestimmen eines Abstandes von
Prozessoreinheiten zu mindestens einer Referenzposition in
einer Prozessor-Anordnung mit einer Vielzahl von
Prozessoreinheiten ist jede Prozessoreinheit über eine
bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens
10 einer ihr benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt. Die
Prozessoreinheiten tauschen untereinander, insbesondere
zwischen einander unmittelbar benachbarten Prozessoreinheiten
elektronische Nachrichten aus. Gemäß dem Verfahren wird eine
erste Nachricht von einer ersten Prozessoreinheit, welche
15 sich an der mindestens einen Referenzposition befindet,
erzeugt. Die erste Nachricht enthält eine erste
Abstandsinformation, welche den Abstand der ersten
Prozessoreinheit oder den Abstand einer die erste Nachricht
empfangenden zweiten Prozessoreinheit von der
20 Referenzposition enthält. Die erste Nachricht wird von der
ersten Prozessoreinheit zu der zweiten Prozessoreinheit
übertragen. Abhängig von der ersten Abstandsinformation wird
der Abstand der zweiten Prozessoreinheit von der
Referenzposition ermittelt oder gespeichert. Von der zweiten
25 Prozessoreinheit wird eine zweite Nachricht erzeugt, welche
eine zweite Abstandsinformation enthält, welche den Abstand
der zweiten Prozessoreinheit oder den Abstand einer die
zweite Nachricht empfangenden dritten Prozessoreinheit von
der Referenzposition enthält. Die zweite Nachricht wird von
30 der zweiten Prozessoreinheit zu der dritten Prozessoreinheit
übertragen. Vorzugsweise erfolgt die Übermittlung der
jeweiligen Nachrichten immer über die bidirektionale
Kommunikationsschnittstelle der jeweiligen einander
unmittelbar benachbarten Prozessoreinheiten. Abhängig von der
35 zweiten Abstandsinformation wird der Abstand der dritten
Prozessoreinheit von der Referenzposition ermittelt oder
gespeichert. Die Speicherung erfolgt vorzugsweise jeweils

lokal in einem lokalen Speicher, der einer jeweiligen
Prozessoreinheit zugeordnet ist. Die oben beschriebenen
Verfahrensschritte werden für alle Prozessoreinheiten in der
Pixel-Anordnung entsprechend in iterativer Weise
5 durchgeführt.

Die Referenzposition kann grundsätzlich beliebig sein,
vorzugsweise ist die Referenzposition eine Position, an der
sich ein im Weiteren beschriebener Portalprozessor befindet,
10 welcher die Prozessoreinheiten in der Prozessor-Anordnung
ansteuert und die Kommunikation von außerhalb der Prozessor-
Anordnung anstößt. Die Referenzposition kann ferner eine
Position innerhalb der Prozessor-Anordnung sein, wobei in
diesem Fall vorzugsweise eine Prozessoreinheit an der
15 Referenzposition angeordnet und dieser zugeordnet ist.
Vorzugsweise befindet sich in diesem Fall die
Referenzposition am Rand, d.h. an der obersten oder untersten
Zeile oder der linken oder rechten Spalte für den Fall, dass
die Prozessoreinheiten in der Prozessor-Anordnung
20 matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Die
Übertragung von Information in oder aus der Prozessor-
Anordnung erfolgt vorzugsweise mittels des Portalprozessors
ausschließlich über zumindest einen Teil der sich am Rand der
Prozessor-Anordnung befindenden Prozessoreinheiten.

25 Anschaulich bedeutet diese Vorgehensweise, dass ausgehend von
einer "Einleit-Prozessoreinheit" an der Referenzposition
üblicherweise am Rand der Prozessor-Anordnung, das heißt an
einem bezüglich der Prozessor-Anordnung äußeren Pixel, ein
30 erster Abstand zugeordnet wird, beispielsweise der
Abstandswert „1“, womit angegeben wird, dass die Einleit-
Prozessoreinheit einen Abstand „1“ von dem Portalprozessor
aufweist. Für den Fall, dass jeweils in der jeweiligen
Nachricht der Abstand der die Nachricht sendenden
35 Prozessoreinheit von der Referenzposition in die Nachricht
eingefügt wird und an die die Nachricht zu empfangende
Prozessoreinheit übertragen wird, wird von der ersten

Prozessoreinheit der Abstandswert „1“ zu der zweiten
Prozessoreinheit in der ersten Nachricht übermittelt und von
der zweiten Prozessoreinheit wird der empfangene Abstandswert
um einen Wert „1“ inkrementiert. Der inkrementierte Wert „2“
5 wird nunmehr als aktualisierter zweiter Abstandswert der
zweiten Prozessoreinheit gespeichert. Der zweite Abstandswert
wird um einen Wert „1“ inkrementiert und ein dritter
Abstandswert wird erzeugt und an die dritte Prozessoreinheit
übertragen und dort gespeichert. Die entsprechende
10 Vorgehensweise wird für alle Prozessoreinheiten in
entsprechender Weise durchgeführt und der einem Prozessor
jeweils zugeordnete Abstandswert wird nach Empfang einer
Nachricht mit einer Abstandsinformation immer dann
aktualisiert, wenn der empfangene Abstandswert kleiner ist
15 als der gespeicherte Abstandswert.

Eine Prozessor-Anordnung weist eine Vielzahl von
Prozessoreinheiten auf. Jede Prozessoreinheit ist über eine
bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens
20 einer ihr benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt. Zum
Ermitteln des jeweiligen Abstands einer Prozessoreinheit der
Prozessor-Anordnung von einer Referenzposition werden
Nachrichten zwischen den jeweiligen Prozessoreinheiten
ausgetauscht, vorzugsweise zwischen einander benachbarten
25 Prozessoreinheiten, wobei jede Nachricht eine
Abstandsinformation enthält, welche den Abstand einer die
Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder einer die Nachricht
empfangenden Prozessoreinheit von der Referenzposition angibt
(auch als Abstandswert bezeichnet) und wobei jede
30 Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass aus der
Abstandsinformation einer empfangenen Nachricht der eigene
Abstand zu der Referenzposition ermittelbar oder speicherbar
ist.

35 Die Erfindung kann anschaulich darin gesehen werden, dass die
gemäß dem Stand der Technik vorgesehene globale und direkte

Prozessoransteuerung über Spalten- und Zeilenleitungen
aufgegeben wird.

5 Aufgrund des Einsatzes lediglich lokaler Informationen und
dem Austausch elektronischer Nachrichten insbesondere
zwischen einander unmittelbar benachbarten Prozessoren ist
die Vorgehensweise sehr robust gegenüber auftretenden
Störungen und Ausfällen einzelner Prozessoreinheiten oder
10 einzelner Verbindungen zwischen zwei Prozessoreinheiten.

Die Pixel-Anordnung, vorzugsweise die matrixförmige Pixel-
Anordnung, wird in bestimmte Bereiche, beispielsweise in
Bildblöcke partitioniert und in jedem Bereich wird eine
Information verarbeitende Einheit, der Pixelprozessor,
15 zugeordnet. Der Bereich kann einen Bildpunkt oder einen
Sensor oder eine Mehrzahl von Bildpunkten bzw. Sensoren
enthalten, die jeweils von einer Prozessoreinheit angesteuert
werden. Vorzugsweise sind die Prozessoren in einem größeren
Raster als die Bildpunkte bzw. Sensoren selbst verteilt, was
20 anschaulich einer räumlichen Unterabtastung entspricht. Auf
diese Weise wird die Problematik der Verdrahtung und
Adressierung über Spaltenleitungen und Zeilenleitungen bei
einer matrixförmigen Pixel-Anordnung entschärft, da die
jeweiligen Leitungen, welche die Prozessoreinheiten
25 miteinander und mit einer Pixel-Anordnungs-
Ansteuerungsschaltung verbinden, erfindungsgemäß großzügiger,
das heißt räumlich dicker und somit mit einem geringeren
elektrischen Widerstand behaftet, dimensioniert werden
können. Jeder Pixelgruppenprozessor steuert den
30 entsprechenden Bildbereich selbständig an, beispielsweise
mittels einer Passiv-Matrix-Ansteuerung oder einer Aktiv-
Matrix-Ansteuerung. Die Größe der Unter-Anzeigeeinheiten wird
vorzugsweise derart gewählt, dass die oben beschriebenen
Probleme der langsamen Aufladung der Pixelelemente sowie der
35 sehr kurzen Zeitdauer zwischen zwei Ansteuerungszyklen bei
einer gegebenen Auswahleinrichtung und einer gegebenen
Verdrahtungstechnik nicht auftreten. In die

Pixelgruppenprozessoren können im Prinzip beliebige Routingvorschriften für die darzustellende Bildinformation oder die zu erfassende Sensorinformation implementiert werden, so dass die Bildinformationen bzw. die

5 Sensorinformationen in Form elektronischer Datenübertragung auch um auftretende Defekte im Display, das heißt in der Anzeigeeinrichtung, das heißt der Pixel-Anordnung (beispielsweise bei einer physikalischen Zerstörung wie einem punktuellen Defekt, bei Löchern, Rissen etc.), herumgeleitet

10 werden können. Dies führt zu einer erhöhten Defekttoleranz der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Erfindungsgemäß wird somit eine Pixel-Anordnung bereit gestellt sowie ein Verfahren bereit gestellt, mit dem es auf sehr einfache Weise möglich ist, den Abstand eines jeweiligen Pixels von einer

15 Referenzposition und somit auch die lokale Position eines Pixels innerhalb der Pixel-Anordnung zu bestimmen. Die Bestimmung erfolgt nicht mehr basierend auf globalen Informationen, sondern auf lokalen Informationen, die jeweils in Form von Nachrichten zwischen zwei einander benachbarten

20 Prozessoreinheiten ausgetauscht werden. Anders ausgedrückt wird das Problem der Abstandsbestimmung durch Selbstorganisation basierend auf lokalem Nachrichtenaustausch zwischen einander benachbarten Prozessoreinheiten gelöst. Das Selbstorganisationsverfahren weist somit unterschiedliche

25 verteilte lokale uniforme Algorithmen auf, die die jeweiligen Nachrichten über die jeweilige bidirektionale Kommunikationsschnittstelle austauschen. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass erfindungsgemäß die Abstandsbestimmung auf einer Selbstorganisation auf der Basis rein lokaler

30 Informationen erfolgt.

Unter einem Pixel ist erfindungsgemäß sowohl eine bildgebende Einheit oder eine schallerzeugende Einheit, beispielsweise

35 eine Flüssigkeits-Kristall-Bildschirmeinheit oder eine Polymerelektronik-Anzeigeeinheit oder allgemein jede Art von Bildschirm, welcher eine Vielzahl von Bildpunkten aufweist, oder ein Lautsprecher, der eine Schallwelle erzeugt,

allgemein jedes eine elektromagnetische Welle erzeugendes Element, zu verstehen. Alternativ kann die Erfindung in einer Pixel-Anordnung eingesetzt werden, in der zumindest ein Teil der Pixel als Sensorelemente ausgestaltet sind, das heißt die
5 Pixel-Anordnung besteht in diesem Fall zumindest teilweise in einem Sensorfeld. Dies könnte beispielsweise auch eine Bildschirmereinheit mit in diese integriertem Touchpad sein, welche insbesondere auch auf mehrere Bildkacheln, anders ausgedrückt auf mehrere Bildbereiche aufgeteilt sein kann,
10 wobei jedem Bildbereich eine Prozessoreinheit zugeordnet sein kann. Zumindest ein Teil der Sensoren kann jeweils als ein Schallsensor eingerichtet sein oder als ein Drucksensor (beispielsweise ein Piezokristall-Sensor), alternativ als Gassensor, als Vibrationssensor, als Verformungssensor oder
15 als Zugspannungssensor.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Die im Weiteren beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung betreffen das erfindungsgemäße
20 Verfahren sowie die erfindungsgemäße Prozessor-Anordnung.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist jede Prozessoreinheit mit mindestens einem Pixel gekoppelt, so dass das Pixel von der jeweiligen ihm zugeordneten
25 Prozessoreinheit steuerbar ist.

Gemäß dieser Ausgestaltung der Erfindung werden nicht nur die Abstände von miteinander gekoppelten Prozessoreinheiten, sondern darüber auch die Abstände der jeweiligen Pixel
30 ermittelt. Dies ist eine wichtige Grundlage für ein im Rahmen der Darstellung von Bildinformation eingesetztes Routing eingehender darzustellender Bildinformation zu den einzelnen Pixeln, von denen die jeweilige Bildinformation dargestellt wird. In entsprechender Weise bildet die Abstandsbestimmung
35 der Pixel auch eine Grundlage für ein Routing von erfasster Sensorinformation von dem Pixel zu den externen Schnittstellen zu beispielsweise dem Portalprozessor.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist zumindest ein Teil der Pixel jeweils als ein Sensor ausgestaltet. In diesem Fall wird erfindungsgemäß eine Abstandsbestimmung für
5 einzelne Sensorpixel in einem großflächigen Sensorfeld durchgeführt.

Alternativ oder zusätzlich kann zumindest ein Teil der Pixel jeweils als ein bildgebendes Element oder allgemein eine
10 elektromagnetische Welle erzeugendes und aussendendes Element, beispielsweise als ein schallerzeugendes und aussendendes Element ausgestaltet sein. In diesem Fall wird erfindungsgemäß eine Abstandsbestimmung für einzelne bildgebende Elemente in einem großflächigen, vorzugsweise
15 matrixförmigen, Display durchgeführt.

Die Prozessoreinheiten können jeweils in einem hexagonalen Bereich angeordnet sein, in welchem Fall jede
Prozessoreinheit jeweils sechs benachbarte Prozessoreinheiten
20 aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit der Prozessoreinheit gekoppelt sind.

Ferner können die Pixel selbst eine hexagonale Form
25 aufweisen.

Durch Einsatz einer hexagonalen Form wird eine sehr hohe Packungsdichte in der jeweiligen Anordnung erreicht.

30 Alternativ können die Prozessoreinheiten jeweils in einem rechteckigen Bereich angeordnet sein, in welchem Fall jede Prozessoreinheit jeweils vier benachbarte Prozessoreinheiten aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit der Prozessoreinheit
35 gekoppelt sind.

Ferner können die Pixel selbst eine rechteckige Form aufweisen.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung werden vor
5 dem Bestimmen des Abstandes der Pixelprozessoren von der
Referenzposition die örtlichen Positionen der
Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung
ermittelt, indem ausgehend von einer Prozessoreinheit an
einer Einleitstelle der Prozessor-Anordnung jeweils
10 Positionsermittlungs-Nachrichten, welche zumindest einen
Zeilenparameter z und einen Spaltenparameter s aufweisen,
welche die Zeilennummer bzw. Spaltennummer der die Nachricht
sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer bzw.
Spaltennummer der die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit
15 innerhalb der Prozessor-Anordnung enthält, an benachbarte
Prozessoreinheiten übermittelt werden und von der jeweiligen
Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- falls der Zeilenparameter in der empfangenen Nachricht
20 größer ist als die bisher gespeicherte Zeilennummer der
Prozessoreinheit, so wird der eigenen Zeilennummer der
Prozessoreinheit der Zeilenparameterwert z der
empfangenen Nachricht zugeordnet,
- falls der Spaltenparameter in der empfangenen Nachricht
25 größer ist als die eigene Spaltennummer der
Prozessoreinheit, so wird der gespeicherten
Spaltennummer der Zeilenparameterwert der empfangenen
Nachricht zugeordnet,
- falls die eigene Zeilennummer und/oder die eigene
30 Spaltennummer aufgrund der oben dargestellten
Verfahrensschritte verändert worden sind, so werden neue
Positionsmess-Nachrichten mit neuen Zeilenparametern und
neuen Spaltenparametern erzeugt, welche jeweils die
Zeilennummer und Spaltennummer der die Nachricht
sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer und
35 Spaltennummer der die Nachricht empfangenden
Prozessoreinheit enthält, und diese werden über die

bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen an eine jeweilige Nachbar-Prozessoreinheit übertragen.

Durch diese Weiterbildung wird das erfindungsgemäße Konzept
5 des lokalen Nachrichtenaustauschs zwischen einander
benachbarten Prozessoreinheiten weiter ausgebaut, da schon
die örtlichen Positionen der einzelnen Prozessoreinheiten
innerhalb der Prozessor-Anordnung gemäß diesem Konzept
basierend auf lokaler Positionsinformation, welche sich
10 lediglich aus einer von der unmittelbar benachbarten
Prozessoreinheit erhaltenen Positionsinformation ergibt,
basiert. Dies ermöglicht eine sehr fehlerrobuste
Vorgehensweise im Rahmen der Selbstorganisation der
Prozessor-Anordnung.

15 Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung wird in einem
iterativen Verfahren der eigene Abstandswert der
Prozessoreinheit dann verändert wenn der bisher gespeicherte
Abstandswert größer ist als der um einen vorgegebenen Wert
20 erhöhte empfangene Abstandswert in der jeweils empfangenen
Nachricht, und für den Fall, dass eine Prozessoreinheit den
eigenen Abstandswert verändert, erzeugt diese eine
Abstandsmess-Nachricht und sendet sie über alle
Kommunikationsschnittstellen an benachbarte
25 Prozessoreinheiten, wobei die Abstandsmess-Nachricht jeweils
den eigenen Abstand als Abstandsinformation enthält oder den
Abstandswert, den die empfangene Prozessoreinheit von dem
Portalprozessor aufweist.

30 Der Abstandswert kann um einen um einen vorgegebenen Wert
erhöhten Wert gegenüber dem eigenen Abstandswert verändert
werden, vorzugsweise um den Wert „1“.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird eine Pixel-
35 Anordnung bereitgestellt, welche eine Vielzahl von Pixeln
aufweist, welche Pixel zu einer Mehrzahl von Pixelgruppen
gruppiert sind, sowie eine Vielzahl von Prozessoreinheiten.

Jeweils eine Prozessoreinheit ist einer Pixelgruppe zugeordnet und steuert die Pixel der jeweiligen Pixelgruppe.

Anschaulich kann dieser Aspekt der Erfindung darin gesehen werden, dass die Pixel zu Gruppen gruppiert werden und jeweils eine Prozessoreinheit für die „lesende“ und „schreibende“ Steuerung der Pixel in einer Gruppe zuständig sind, nämlich der Pixel der Gruppe, der die Prozessoreinheit zugeordnet ist.

Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Pixel-Anordnung, vorzugsweise eine matrixförmige Pixel-Anordnung, in bestimmte Bereiche, beispielsweise in Bildblöcke partitioniert wird und jedem Bereich wird eine Information verarbeitende Einheit, der Pixelprozessor, zugeordnet. Der Bereich kann einen Bildpunkt oder ein anderes eine elektromagnetische Welle erzeugendes Element oder einen Sensor oder eine Mehrzahl von Bildpunkten, elektromagnetische Wellen erzeugende Elemente bzw. Sensoren enthalten, die jeweils von einer Prozessoreinheit angesteuert werden. Vorzugsweise sind die Prozessoren in einem gröberen Raster als die Bildpunkte bzw. Sensoren selbst verteilt, was anschaulich einer räumlichen Unterabtastung entspricht. Auf diese Weise wird die Problematik der Verdrähtung und Adressierung über Spaltenleitungen und Zeilenleitungen bei einer matrixförmigen Pixel-Anordnung entschärft, da die jeweiligen Leitungen, welche die Prozessoreinheiten miteinander und mit einer Pixel-Anordnungs-Ansteuerungsschaltung verbinden, erfindungsgemäß großzügiger, das heißt räumlich dicker und somit mit einem geringeren elektrischen Widerstand behaftet, dimensioniert werden können. Jeder Pixelgruppenprozessor steuert den entsprechenden Bildbereich selbständig an, beispielsweise mittels einer Passiv-Matrix-Ansteuerung oder einer Aktiv-Matrix-Ansteuerung. Die Größe der Unter-Anzeigeeinheiten wird vorzugsweise derart gewählt, dass die oben beschriebenen Probleme der langsamen Aufladung der Pixelelemente sowie der sehr kurzen Zeitdauer zwischen zwei

Ansteuerungszyklen bei einer gegebenen Auswahleinrichtung und einer gegebenen Verdrahtungstechnik nicht auftreten. In die Pixelgruppenprozessoren können im Prinzip beliebige Routingvorschriften für die darzustellende Bildinformation oder die zu erfassende Sensorinformation implementiert werden, so dass die Bildinformationen bzw. die Sensorinformationen in Form elektronischer Datenübertragung auch um auftretende Defekte im Display, das heißt in der Anzeigeeinrichtung, das heißt der Pixel-Anordnung (beispielsweise bei einer physikalischen Zerstörung wie einem punktuellen Defekt, bei Löchern, Rissen etc.), herumgeleitet werden können. Dies führt zu einer erhöhten Defekttoleranz der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Erfindungsgemäß wird somit eine Pixel-Anordnung bereit gestellt sowie ein Verfahren bereit gestellt, mit dem es auf sehr einfache Weise möglich ist, den Abstand eines jeweiligen Pixels von einer Referenzposition und somit auch die lokale Position eines Pixels innerhalb der Pixel-Anordnung zu bestimmen. Die Bestimmung erfolgt nicht mehr basierend auf globalen Informationen, sondern auf lokalen Informationen, die jeweils in Form von Nachrichten zwischen zwei einander benachbarten Prozessoreinheiten ausgetauscht werden. Anders ausgedrückt wird das Problem der Abstandsbestimmung durch Selbstorganisation basierend auf lokalem Nachrichtenaustausch zwischen einander benachbarten Prozessoreinheiten gelöst. Das Selbstorganisationsverfahren weist somit unterschiedliche verteilte lokale uniforme Algorithmen auf, die die jeweiligen Nachrichten über die jeweilige bidirektionale Kommunikationsschnittstelle austauschen. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass erfindungsgemäß die Abstandsbestimmung auf einer Selbstorganisation auf der Basis rein lokaler Informationen erfolgt.

Die hierarchische Struktur der Gruppierung kann erfindungsgemäß auch auf die Prozessoreinheiten angewendet werden. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Prozessoreinheiten selbst auch wiederum in Gruppen eingeteilt

sein können, welche von weiteren Prozessoreinheiten einer anderen Hierarchieebene gesteuert werden, wobei in diesem Fall jeweils eine Prozessoreinheit einer „steuernden“ Gruppe alle Prozessoreinheiten der „gesteuerten“ Gruppe steuern.

5 Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass eine erste Menge von Prozessoreinheiten ersten Prozessorgruppen zugeordnet sein kann und eine zweite Menge von Prozessoreinheiten zweiten Prozessorgruppen zugeordnet sein kann. Die Anzahl der
10 Prozessoreinheiten der ersten Menge von Prozessoreinheiten ist größer als die zweite Menge von Prozessoreinheiten. Die Prozessoreinheiten einer zweiten Prozessorgruppe sind gemäß dieser Ausgestaltung der Erfindung jeweils nur mit Prozessoreinheiten einer jeweiligen ihr zugeordneten ersten
15 Prozessorgruppe gekoppelt. Jeweils eine Prozessoreinheit der ersten Prozessorgruppe ist einer Pixelgruppe zugeordnet und steuert die Pixel der jeweiligen Pixelgruppe.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass eine beliebige
20 Anzahl von unterschiedlichen Mengen von Prozessoreinheiten vorgesehen sein können, die in einer beliebigen Anzahl von Hierarchieebenen vorgesehen sein können und jeweils zu Gruppen von Prozessoreinheiten gruppiert sein können, welche ihrerseits von einer Prozessoreinheit, welche ihr zugeordnet
25 wird, gesteuert wird. In diesem Fall entstehen eine Vielzahl von Hierarchieebenen, wodurch die Steuerungseffizienz der Pixel-Anordnung weiter erhöht wird.

Bei einem Verfahren zum Bestimmen eines Abstandes von
30 Prozessoreinheiten zu mindestens einer Referenzposition in der Pixel-Anordnung mit einer Vielzahl von Prozessoreinheiten ist jede Prozessoreinheit über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens einer ihr benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt. Die
35 Prozessoreinheiten tauschen untereinander, insbesondere zwischen einander unmittelbar benachbarten Prozessoreinheiten elektronische Nachrichten aus. Gemäß dem Verfahren wird eine

erste Nachricht von einer ersten Prozessoreinheit, welche sich an der mindestens einen Referenzposition befindet, erzeugt. Die erste Nachricht enthält eine erste Abstandsinformation, welche den Abstand der ersten
5 Prozessoreinheit oder den Abstand einer die erste Nachricht empfangenden zweiten Prozessoreinheit von der Referenzposition enthält. Die erste Nachricht wird von der ersten Prozessoreinheit zu der zweiten Prozessoreinheit übertragen. Abhängig von der ersten Abstandsinformation wird
10 der Abstand der zweiten Prozessoreinheit von der Referenzposition ermittelt oder gespeichert. Von der zweiten Prozessoreinheit wird eine zweite Nachricht erzeugt, welche eine zweite Abstandsinformation enthält, welche den Abstand der zweiten Prozessoreinheit oder den Abstand einer die
15 zweite Nachricht empfangenden dritten Prozessoreinheit von der Referenzposition enthält. Die zweite Nachricht wird von der zweiten Prozessoreinheit zu der dritten Prozessoreinheit übertragen. Vorzugsweise erfolgt die Übermittlung der jeweiligen Nachrichten immer über die bidirektionale
20 Kommunikationsschnittstelle der jeweiligen einander unmittelbar benachbarten Prozessoreinheiten. Abhängig von der zweiten Abstandsinformation wird der Abstand der dritten Prozessoreinheit von der Referenzposition ermittelt oder gespeichert. Die Speicherung erfolgt vorzugsweise jeweils
25 lokal in einem lokalen Speicher, der einer jeweiligen Prozessoreinheit zugeordnet ist. Die oben beschriebenen Verfahrensschritte werden für alle Prozessoreinheiten in der Pixel-Anordnung entsprechend in iterativer Weise durchgeführt.

30

Die Referenzposition kann grundsätzlich beliebig sein, vorzugsweise ist die Referenzposition eine Position, an der sich ein im Weiteren beschriebener Portalprozessor befindet, welcher die Prozessoreinheiten in der Prozessor-Anordnung
35 ansteuert und die Kommunikation von außerhalb der Pixel-Anordnung anstößt. Die Referenzposition kann ferner eine Position innerhalb der Pixel-Anordnung sein, wobei in diesem

Fall vorzugsweise eine Prozessoreinheit an der Referenzposition angeordnet und dieser zugeordnet ist. Vorzugsweise befindet sich in diesem Fall die Referenzposition am Rand, d.h. an der obersten oder untersten Zeile oder der linken oder rechten Spalte für den Fall, dass die Prozessoreinheiten in der Pixel-Anordnung matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Die Übertragung von Information in oder aus der Pixel-Anordnung erfolgt vorzugsweise mittels des Portalprozessors ausschließlich über zumindest einen Teil der sich am Rand der Pixel-Anordnung befindenden Prozessoreinheiten.

Anschaulich bedeutet diese Vorgehensweise, dass ausgehend von einer "Einleit-Prozessoreinheit" an der Referenzposition üblicherweise am Rand der Pixel-Anordnung, das heißt an einem bezüglich der Prozessor-Anordnung äußeren Pixel, ein erster Abstand zugeordnet wird, beispielsweise der Abstandswert „1“, womit angegeben wird, dass die Einleit-Prozessoreinheit einen Abstand „1“ von dem Portalprozessor aufweist. Für den Fall, dass jeweils in der jeweiligen Nachricht der Abstand der die Nachricht sendenden Prozessoreinheit von der Referenzposition in die Nachricht eingefügt wird und an die die Nachricht zu empfangende Prozessoreinheit übertragen wird, wird von der ersten Prozessoreinheit der Abstandswert „1“ zu der zweiten Prozessoreinheit in der ersten Nachricht übermittelt und von der zweiten Prozessoreinheit wird der empfangene Abstandswert um einen Wert „1“ inkrementiert. Der inkrementierte Wert „2“ wird nunmehr als aktualisierter zweiter Abstandswert der zweiten Prozessoreinheit gespeichert. Der zweite Abstandswert wird um einen Wert „1“ inkrementiert und ein dritter Abstandswert wird erzeugt und an die dritte Prozessoreinheit übertragen und dort gespeichert. Die entsprechende Vorgehensweise wird für alle Prozessoreinheiten in entsprechender Weise durchgeführt und der einem Prozessor jeweils zugeordnete Abstandswert wird nach Empfang einer Nachricht mit einer Abstandsinformation immer dann

aktualisiert, wenn der empfangene Abstandswert kleiner ist als der gespeicherte Abstandswert.

Die Pixel-Anordnung weist eine Vielzahl von
5 Prozessoreinheiten auf. Jede Prozessoreinheit ist über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens einer ihr benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt. Zum Ermitteln des jeweiligen Abstands einer Prozessoreinheit der Pixel-Anordnung von einer Referenzposition werden Nachrichten
10 zwischen den jeweiligen Prozessoreinheiten ausgetauscht, vorzugsweise zwischen einander benachbarten Prozessoreinheiten, wobei jede Nachricht eine Abstandsinformation enthält, welche den Abstand einer die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder einer die Nachricht
15 empfangenden Prozessoreinheit von der Referenzposition angibt (auch als Abstandswert bezeichnet) und wobei jede Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass aus der Abstandsinformation einer empfangenen Nachricht der eigene Abstand zu der Referenzposition ermittelbar oder speicherbar
20 ist.

Gemäß dieser Ausgestaltung der Pixel-Anordnung wird vorteilhafterweise die gemäß dem Stand der Technik vorgesehene globale und direkte Prozessoransteuerung über
25 Spalten- und Zeilenleitungen aufgegeben.

Aufgrund des Einsatzes lediglich lokaler Informationen und dem Austausch elektronischer Nachrichten insbesondere zwischen einander unmittelbar benachbarten Prozessoren ist
30 die Vorgehensweise sehr robust gegenüber auftretenden Störungen und Ausfällen einzelner Prozessoreinheiten oder einzelner Verbindungen zwischen zwei Prozessoreinheiten.

Jede Prozessoreinheit ist gemäß einer Ausgestaltung der
35 Erfindung mit jeder ihr jeweils unmittelbar benachbarten Prozessoreinheit derart gekoppelt, dass sie mit den

benachbarten Prozessoreinheiten elektronische Nachrichten austauschen kann.

5 Gemäß dieser Ausgestaltung der Pixel-Anordnung werden nicht
nur die Abstände von miteinander gekoppelten
Prozessoreinheiten, sondern darüber auch die Abstände der
jeweiligen Pixel ermittelt. Dies ist eine wichtige Grundlage
für ein im Rahmen der Darstellung von Bildinformation
eingesetztes Routing eingehender darzustellender
10 Bildinformation zu den einzelnen Pixeln, von denen die
jeweilige Bildinformation dargestellt wird. In entsprechender
Weise bildet die Abstandsbestimmung der Pixel auch eine
Grundlage für ein Routing von erfasster Sensorinformation von
dem Pixel zu den externen Schnittstellen zu beispielsweise
15 dem Portalprozessor.

 Gemäß einer anderen Weiterbildung der Pixel-Anordnung ist
zumindest ein Teil der Pixel jeweils als ein Sensor
ausgestaltet. In diesem Fall wird erfindungsgemäß eine
20 Abstandsbestimmung für einzelne Sensorpixel in einem
großflächigen Sensorfeld durchgeführt.

 Alternativ oder zusätzlich kann zumindest ein Teil der Pixel
jeweils als ein bildgebendes Element ausgestaltet sein. In
25 diesem Fall wird erfindungsgemäß eine Abstandsbestimmung für
einzelne bildgebende Elemente in einem großflächigen,
vorzugsweise matrixförmigen, Display durchgeführt.

 Die Prozessoreinheiten können jeweils in einem hexagonalen
30 Bereich angeordnet sein, in welchem Fall jede
Prozessoreinheit jeweils sechs benachbarte Prozessoreinheiten
aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale
Kommunikationsschnittstelle mit der Prozessoreinheit
gekoppelt sind.

35 Ferner können die Pixel selbst eine hexagonale Form
aufweisen.

Durch Einsatz einer hexagonalen Form wird eine sehr hohe Packungsdichte in der jeweiligen Anordnung erreicht.

- 5 Alternativ können die Prozessoreinheiten jeweils in einem rechteckigen Bereich angeordnet sein, in welchem Fall jede Prozessoreinheit jeweils vier benachbarte Prozessoreinheiten aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit der Prozessoreinheit
10 gekoppelt sind.

Ferner können die Pixel selbst eine rechteckige Form aufweisen.

- 15 Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Pixel-Anordnung werden vor dem Bestimmen des Abstandes der Pixelprozessoren von der Referenzposition die örtlichen Positionen der Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung ermittelt, indem ausgehend von einer Prozessoreinheit an
20 einer Einleitstelle der Prozessor-Anordnung jeweils Positionsermittlungs-Nachrichten, welche zumindest einen Zeilenparameter z und einen Spaltenparameter s aufweisen, welche die Zeilennummer bzw. Spaltennummer der die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer bzw.
25 Spaltennummer der die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit innerhalb der Prozessor-Anordnung enthält, an benachbarte Prozessoreinheiten übermittelt werden und von der jeweiligen Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt werden:
- falls der Zeilenparameter in der empfangenen Nachricht
30 größer ist als die bisher gespeicherte Zeilennummer der Prozessoreinheit, so wird der eigenen Zeilennummer der Prozessoreinheit der Zeilenparameterwert z der empfangenen Nachricht zugeordnet,
 - falls der Spaltenparameter in der empfangenen Nachricht
35 größer ist als die eigene Spaltennummer der Prozessoreinheit, so wird der gespeicherten

- Spaltennummer der Zeilenparameterwert der empfangenen Nachricht zugeordnet,
- falls die eigene Zeilennummer und/oder die eigene Spaltennummer aufgrund der oben dargestellten Verfahrensschritte verändert worden sind, so werden neue Positionsmess-Nachrichten mit neuen Zeilenparametern und neuen Spaltenparametern erzeugt, welche jeweils die Zeilennummer und Spaltennummer der die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer und Spaltennummer der die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit enthält, und diese werden über die bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen an eine jeweilige Nachbar-Prozessoreinheit übertragen.
- Durch diese Weiterbildung der Pixel-Anordnung wird das erfindungsgemäße Konzept des lokalen Nachrichtenaustauschs zwischen einander benachbarten Prozessoreinheiten weiter ausgebaut, da schon die örtlichen Positionen der einzelnen Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung gemäß diesem Konzept basierend auf lokaler Positionsinformation, welche sich lediglich aus einer von der unmittelbar benachbarten Prozessoreinheit erhaltenen Positionsinformation ergibt, basiert. Dies ermöglicht eine sehr fehlerrobuste Vorgehensweise im Rahmen der Selbstorganisation der Prozessor-Anordnung.

- Gemäß einer anderen Weiterbildung der Pixel-Anordnung wird in einem iterativen Verfahren der eigene Abstandswert der Prozessoreinheit dann verändert wenn der bisher gespeicherte Abstandswert größer ist als der um einen vorgegebenen Wert erhöhte empfangene Abstandswert in der jeweils empfangenen Nachricht, und für den Fall, dass eine Prozessoreinheit den eigenen Abstandswert verändert, erzeugt diese eine Abstandsmess-Nachricht und sendet sie über alle Kommunikationsschnittstellen an benachbarte Prozessoreinheiten, wobei die Abstandsmess-Nachricht jeweils den eigenen Abstand als Abstandsinformation enthält oder den

Abstandswert, den die empfangene Prozessoreinheit von dem Portalprozessor aufweist.

Der Abstandswert kann um einen um einen vorgegebenen Wert
5 erhöhten Wert gegenüber dem eigenen Abstandswert verändert
werden, vorzugsweise um den Wert „1“.

Die oben beschriebenen Verfahren und Anordnungen eignen sich insbesondere zum Einsatz in folgenden Anwendungsbereichen.

10

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, die Prozessoreinheiten und optional zusätzlich die Pixel, d.h. die eine elektromagnetische Welle erzeugenden und aussendenden Elemente oder die Sensoren, auf Textilmaterial
15 aufzubringen und mittels elektrisch leitfähiger Kopplungen, die beispielsweise in das Textilmaterial eingewoben sind. Alternativ kann das Textilmaterial selbst elektrisch leitfähige Strukturen enthalten, um die Prozessoreinheiten oder/und die Pixel miteinander elektrisch zu verbinden. Die
20 Prozessoreinheiten oder/und die Pixel sind vorzugsweise auf den Kreuzungspunkten innerhalb der Struktur des Textilmaterials angeordnet, so z.B. an den Kreuzungspunkten der elektrisch leitfähigen Kett- und Schussfäden eines textilen Gewebes.

25

In einer Weiterbildung der Erfindung können Schallsender und Schallsensoren als Pixel auf dem Textilmaterial aufgebracht sein, wobei aus dem Textilmaterial vorzugsweise ein Kleidungsstück gefertigt ist. Unter Verwendung der
30 Schallsender und Schallsensoren als Pixel kann die Position des Kleidungsstücks und damit die Position einer das Kleidungsstück tragenden Person in einem Raum oder in einem Gebäude ermittelt werden.

35 Ferner können mittels erfindungsgemäß in einem Kleidungsstück integrierter Sensoren beispielsweise Vitalfunktionen bei einer das Kleidungsstück tragenden Person überwacht werden.

Allgemein können beliebige Sensoren oder Aktoren als Pixel in ein Textilmaterial und vorzugsweise in ein Kleidungsstück integriert sein.

5

In einer alternativen Ausführungsform ist das Textilmaterial als Textilbeton, anders ausgedrückt als Bewehrung im Beton, ausgestaltet.

- 10 Ein auf diese Weise eingerichteter Textilbeton kann somit auf einfache Weise mit beispielsweise als Drucksensoren oder/und als Vibrationssensoren und/oder als Zugspannungssensor und/oder als Verformungssensor eingerichteten Pixeln versehen sein. Ein solcher erfindungsgemäßer Textilbeton kann
- 15 insbesondere aufgrund des selbstorganisierenden Verfahrens zur Positionsbestimmung sehr flexibel verbaut werden. Bei einem Haus kann der Textilbeton mit den Pixeln und den Prozessoreinheiten verwendet werden, um mögliche Gefahrenzustände des Hauses (zu große Gewichtsbelastung einer
- 20 Betondecke) zu erfassen und mittels der Prozessoren einem mit diesen elektrisch über eine Hausschnittstelle gekoppelten Leitrechner eine entsprechende Warnmeldung zu übermitteln.

- Alternativ kann der erfindungsgemäße Textilbeton zum
- 25 Brückenbau eingesetzt werden. Eine Brücke mit einem solchen Textilbeton weist insbesondere den Vorteil auf, dass es nunmehr sehr einfach möglich ist, gefährliche Vibrationen oder Verformungen der Brückenstruktur mittels der integrierten Pixel-Sensoren zu ermitteln und eine
- 30 entsprechende Warnmeldung an einen Leitrechner zu übermitteln.

- Ein anderes Anwendungsgebiet des erfindungsgemäßen Textilbetons ist im Straßenbau zu sehen. Eine den Textilbeton
- 35 aufweisende Straße kann sehr einfach hinsichtlich der Straßennutzung (beispielsweise die Anzahl der Fahrzeuge, etc.) oder auch zur Verkehrsleit-Steuerung, allgemein zur

Verkehrsüberwachung, selbst zur Tempokontrolle eingesetzt werden, da mittels der in den Textilbeton integrierten Pixel-Sensoren ermittelt werden kann, an welcher Stelle und zu welchem Zeitpunkt ein Fahrzeug über den entsprechenden Bereich der Straße, der von einem jeweiligen Sensor „überwacht“ wird, fährt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Weiteren näher erläutert. In den Figuren sind gleiche Komponenten mit identischen Bezugszeichen versehen.

Es zeigen

Figur 1 eine Draufsicht auf eine Pixel-Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figuren 2a bis 2d Draufsichten sowie eine Schnittansicht von einzelnen Pixeln, die in der Pixel-Anordnung vorgesehen sein können, wobei das Pixel eine rechteckige Form aufweisen kann (Figur 2a), eine dreieckige Form (Figur 2b) oder eine hexagonale Form (Figur 2c); Figur 2d zeigt eine Schnittansicht durch die in den Figuren 2a bis 2c dargestellten Pixel;

Figur 3 ein Blockdiagramm, in dem die Pixel-Anordnung mit Ansteuereinrichtung schematisch dargestellt ist;

Figur 4 eine Draufsicht auf eine Prozessor-Anordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 5 eine Draufsicht auf eine Prozessor-Anordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 6 eine Draufsicht auf eine Prozessoreinheit in hexagonaler Form;

Figuren 7a und 7b einen gerichteten Graphen (Figur 7a) sowie einen ungerichteten Graphen (Figur 7b);

Figur 8 einen gerichteten Baum;

5

Figuren 9a und 9b eine Skizze einer Prozessor-Anordnung, modelliert als ungerichteter Graph (Figur 9a) und als gerichteter Graph (Figur 9b);

10 Figur 10 eine Skizze unterschiedlicher Routing-Wege als gerichteter Baum mit einem Eingangsknoten als Wurzel;

Figur 11 eine Skizze eines optimierten Routing-Baums;

15 Figuren 12a bis 12j eine Skizze des Routing-Baums aus Figur 11 zu unterschiedlichen Ansteuerungszeitpunkten;

20 Figuren 13a bis 13f eine Skizze des Routing-Baums aus Figur 11 zu unterschiedlichen Ansteuerungszeitpunkten;

25 Figur 14 eine Draufsicht auf zwei hexagonale Prozessoreinheiten, in denen der bidirektionale Nachrichtenaustausch zwischen den zwei Prozessoreinheiten dargestellt ist;

Figur 15 eine Skizze einer inkohärenten Prozessoreinheit;

30 Figur 16 eine Skizze einer kohärenten Prozessoreinheit beim Versenden von MessKoherenz-Nachrichten;

35 Figur 17 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Versenden von MessPosition-Nachrichten erläutert wird;

Figur 18 eine Skizze einer Prozessor-Anordnung nach erfolgter Positionsbestimmung der einzelnen Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung;

- 5 Figur 19 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Versenden einer MessDistance-Nachricht erläutert wird;

- 10 Figur 20 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter Abstandsbestimmung, wobei die Prozessor-Anordnung eine Vielzahl von Einleit-Prozessoreinheiten am unteren Rand der Prozessor-Anordnung aufweist;

- 15 Figur 21 eine Prozessor-Anordnung nach erfolgter Abstandsbestimmung, wobei jeder dritten Prozessoreinheit in der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung jeweils eine Referenzposition zugeordnet ist;

- 20 Figur 22 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessOrganize-Nachrichten erläutert wird;

- 25 Figur 23 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der die Organisationsreihenfolge zum Versenden einer MessChannel-Nachricht in einer geradzahligen Spalte innerhalb der Prozessor-Anordnung dargestellt ist;

- 30 Figur 24 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der die Organisationsreihenfolge zum Versenden einer MessChannel-Nachricht in einer ungeradzahligen Spalte innerhalb der Prozessor-Anordnung dargestellt ist;

- 35 Figur 25 eine Skizze einer Mehrzahl von Prozessoreinheiten, anhand der die Organisation und der Nachrichtenaustausch über Kanäle, welche die

Kommunikationsschnittstellen der Prozessoreinheiten miteinander koppeln, erläutert werden;

5 Figur 26 eine Prozessor-Anordnung nach erfolgter regulärer Rückwärtsorganisation für den Fall, dass allen Prozessoreinheiten in der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

10 Figur 27 eine Prozessor-Anordnung nach erfolgter regulärer Rückwärtsorganisation für den Fall, dass jeder dritten Prozessoreinheit in der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem
15 Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

20 Figur 28 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Empfangen und Versenden von MessCountNodes-Nachrichten erläutert wird,

25 Figur 29 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessNodesSize-Nachrichten erläutert wird,

30 Figur 30 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter Ermittlung des Durchsatzes der Prozessoreinheiten für den Fall, dass allen Prozessoreinheiten in der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

35 Figur 31 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter Ermittlung des Durchsatzes der Prozessoreinheiten für den Fall, dass jeder dritten Prozessoreinheit in der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung Informationen von oder

zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder
gesendet werden können;

5 Figur 32 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das
Versenden von MessColDistance-Nachrichten erläutert
wird;

10 Figur 33 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das
Empfangen und das Versenden von MessBlockToken-
Nachrichten erläutert wird;

15 Figur 34 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das
Empfangen einer MessToken-Nachricht durch eine
"ungefärbte" Prozessoreinheit dargestellt wird;

20 Figur 35 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter Ermittlung
von Mäanderkanälen in der Prozessor-Anordnung bei
erfolgter Tokenvergabe für den Fall, dass allen
Prozessoreinheiten in der untersten Zeile der
Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem
Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet
werden können;

25 Figur 36 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das
Empfangen und das Versenden von MessDeleteChannels-
Nachrichten erläutert wird;

30 Figur 37 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das
Empfangen und das Versenden von MessColOrganize-
Nachrichten erläutert wird;

35 Figur 38 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter
Reorganisation für den Fall, dass jeder dritten
Prozessoreinheit in der untersten Zeile der
Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem
Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet
werden können;

Figur 39 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter
Reorganisation für den Fall, dass allen
Prozessoreinheiten in der untersten Zeile der
Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem
Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet
werden können;

Figur 40 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der die
Initialisierung der Einleit-Prozessoreinheits-Farbe
mittels einer MessColDistance-Nachricht erläutert
wird;

Figur 41 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter
Reorganisation bei einem Gewicht $g = 0$ für den Fall,
dass allen Prozessoreinheiten in der untersten Zeile
der Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu
einem Portalprozessor zugeführt werden können oder
gesendet werden können;

Figur 42 die Pixel-Anordnung nach erfolgter Reorganisation
bei einem Gewicht $g = \infty$ für den Fall, dass allen
Prozessoreinheiten in der untersten Zeile der
Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem
Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet
werden können;

Figur 43 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das
Empfangen und das Versenden von MessNumbering-
Nachrichten erläutert wird;

Figur 44 eine Skizze der Prozessor-Anordnung nach erfolgter
Nummerierung für den Fall, dass allen
Prozessoreinheiten in der untersten Zeile der
Prozessor-Anordnung Informationen von oder zu einem
Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet
werden können;

Figur 45 die Prozessor-Anordnung nach erfolgter Nummerierung für den Fall, dass jeder dritten Prozessoreinheit in der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung
5 Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

Figur 46 eine Routing-Tabelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

10

Figur 47 eine Skizze einer Prozessor-Anordnung, anhand der das Routing und die Darstellung von Pixeldaten erläutert wird;

15

Figur 48 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Empfangen und Versenden von MessRetry-Nachrichten erläutert wird;

20

Figur 49 eine Skizze einer Prozessor-Anordnung mit einer Vielzahl von Prozessoreinheiten und einer Vielzahl von Pixeln, wobei jeweils eine Gruppe von Pixeln einer Prozessoreinheit zugeordnet ist;

25

Figur 50 eine Skizze einer 4 x 4-Pixelgruppe und deren Ansteuerung mittels einer Prozessoreinheit; und

Figur 51 eine Übersicht über die verwendeten Nachrichten.

30

Fig.1 zeigt eine Pixel-Anordnung 100 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Die Prozessor-Anordnung 100 ist gebildet gemäß einem in [3] beschriebenen sogenannten „Fluidic Self Assembly“ (FSA) der Firma Alien Technology™.

35

Die Prozessor-Anordnung 100 weist ein Substrat 101 mit einer Vielzahl von Vertiefungen 102 auf. Das Substrat 101 ist gemäß

diesem Ausführungsbeispiel eine dünne, flexible Plastikfolie mit einer Vielzahl in diese gestanzten Vertiefungen, über welche eine Suspension mit einer Vielzahl von Prozessoreinheiten 103, die als Computerchips 103
5 ausgestaltet sind, der Größe zwischen 50 µm bis 1000 µm, in einer Flüssigkeit geschwemmt werden. Die Computerchips 103 werden auch als Nanoblocks bezeichnet. Die Größe und Form der integrierten Computerchips 103, welche im Weiteren als Prozessoreinheiten 103 bezeichnet werden, entspricht denen
10 der Vertiefungen 102, so dass sich die Prozessoreinheiten 103 in die Vertiefungen 102 selbsttätig, das heißt selbstordnend einfügen.

Dieser Vorgang ist schematisch in Fig.1 dargestellt. Es
15 entsteht auf die oben beschriebene Weise ein Feld bzw. ein Array von Prozessoreinheiten, die anschließend miteinander vermascht, das heißt elektrisch miteinander gekoppelt, werden.

20 Die Prozessor-Anordnung 100 wird zu einer Bildanzeigeeinrichtung ausgestaltet, bei der zur Ansteuerung der Pixel die Prozessoreinheiten verwendet werden. Zu diesem Zweck wird über das gebildete Array von Prozessoreinheiten 103 ein elektro-optisches Medium (beispielsweise leuchtend,
25 reflektierend, etc.), vorzugsweise ein Leuchtmedium gelegt, zu dem elektrische Kopplungen ausgehend von den entsprechenden das elektro-optische Medium steuernden Prozessoreinheiten 103 geschaffen werden.

30 Jede Prozessoreinheit 103 ist für das unmittelbar über ihm liegende Pixel zuständig, das heißt steuert dieses an, bzw. für die über ihm liegenden Pixelregion, das heißt ein Pixelbereich mit einer Mehrzahl von Pixeln, die zu einem Pixelbereich gruppiert sind.

35 Die Prozessoreinheiten 103 werden aus diesem Grunde im Weiteren auch als Pixelprozessoren 103 bezeichnet.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass die Erfindung keineswegs auf bildgebende Elemente als Prozessor-Anordnung bzw. Pixel-Anordnung beschränkt ist, sondern ebenfalls für
5 ein Sensorarray mit einer Vielzahl von miteinander elektrisch gekoppelten und über jeweils eine oder mehrere Prozessoreinheiten 103 angesteuerten Sensoren einsetzbar ist.

Es können erfindungsgemäß auch Arrays verwendet werden, die
10 teilweise bildgebende Elemente und teilweise Sensorelemente enthalten.

Die Form der einzelnen Prozessoreinheiten 103 können erfindungsgemäß beliebig ausgestaltet sein, beispielsweise
15 wie gemäß Fig.2a rechteckförmig, wie gemäß Fig.2b dreieckförmig, oder wie gemäß Fig.2c hexagonal.

Fig.2d zeigt einen trapezoidalen Querschnitt durch die jeweiligen Prozessoreinheiten 103. Durch den trapezoidalen
20 Querschnitt wird gewährleistet, dass sich die einzelnen Pixel einfacher und mit größerer Wahrscheinlichkeit in den Vertiefungen 102 der Pixel-Anordnung selbstordnend einfügen.

Im Weiteren wird ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit
25 eine Pixel-Anordnung, welche als bildanzeigendes, das heißt anders ausgedrückt als bildgebendes System ausgestaltet ist, beschrieben.

Das bildanzeigende System 300 gemäß einem Ausführungsbeispiel
30 der Erfindung ist in Fig.3 in einem Blockdiagramm schematisch dargestellt.

Das bildgebende System 300 weist eine Quelle 301 auf, welche die Quelle der anzuzeigenden Information darstellt und gemäß
35 diesem Ausführungsbeispiel eine zentrale Verarbeitungseinheit (Central Processing Unit, CPU) einen Graphikprozessor,

Sensoren oder sonstige Eingabegeräte und wahlweise weitere Komponenten enthält.

Weiterhin ist ein mit der Quelle 301 elektrisch gekoppeltes
5 Anzeigeeinheits-Portal 302 vorgesehen, welches die Funktion
eines Mittlers zwischen der Quelle 301 und der ebenfalls mit
dem Anzeigeeinheits-Portal 302 gekoppelten eigentlichen
Pixel-Anordnung 303 (welche die Prozessor-Anordnung und die
Pixel aufweist) darstellt. Das Anzeigeeinheits-Portal 302
10 dient erfindungsgemäß zum Erzeugen eines Triggers, das heißt
eines Anstoß-Signals, gemäß diesem Ausführungsbeispiel einer
Anstoß-Nachricht, zur Initialisierung der Selbstorganisation,
sowie der Informationsverteilung über Einleit-
Prozessoreinheiten in der Prozessor-Anordnung 303.

15 Die Prozessor-Anordnung 303 weist ein Feld aus uniformen,
sogenannten intelligenten Pixeln oder Pixelregionen auf, die
von Prozessoreinheiten 103 und den mit den Prozessoreinheiten
103 gekoppelten und von den Prozessoreinheiten 103
20 angesteuerten Pixeln gebildet werden. Die Prozessoreinheiten
103 sind untereinander vermascht, das heißt untereinander
über jeweils den Prozessoreinheiten 103 zugeordnete
bidirektionale Kommunikationsschnittstellen gekoppelt.

25 Einige Prozessoreinheiten 103 der Vielzahl von
Prozessoreinheiten 103 in der Pixel-Anordnung 303 dienen als
Einleitknoten zum Zuführen von Information aus dem
Anzeigeeinheits-Portal 302 in die Prozessor-Anordnung 100 der
Pixel-Anordnung 303.

30 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel hat der jeweilige Prozessor
- im Weiteren bezeichnet als Portalprozessor - des
Anzeigeeinheits-Portals 302 keinerlei Informationen über
Größe und Ausgestaltung der Pixel-Anordnung 303. Auch haben
35 die einzelnen Prozessoreinheiten 103 oder die mit den
Prozessoreinheiten 103 gekoppelten Pixel zu Beginn des
Verfahrens keinerlei Informationen über ihre jeweilige

Orientierung, d.h. Ausrichtung, oder ihre örtliche Position innerhalb der Prozessor-Anordnung.

Auch die einzelnen Pixelprozessoren, das heißt die
5 Prozessoreinheiten, haben keinerlei Information über ihre
eigene Ausrichtung und Lage, das heißt ihre lokale Position
innerhalb der Prozessor-Anordnung.

In einer im Weiteren im Detail erläuterten
10 Initialisierungsphase (vor dem ersten Einsatz der Pixel-
Anordnung 303 oder nach einem erfolgten Zurücksetzen der
gespeicherten Informationen in der Pixel-Anordnung 303) stößt
der Portalprozessor des Anzeigeeinheits-Portals 302 eine
Selbstorganisation der Prozessor-Anordnung an, wie sie im
15 Weiteren näher erläutert wird.

Im Rahmen der Selbstorganisation der Prozessor-Anordnung
erlernen die Prozessoreinheiten 103 der Pixel-Anordnung 303
ihre Lage und Ausrichtung sowie Informationswege zum
20 Bildaufbau, das heißt zum Zuführen darzustellender
Bildinformation an die jeweiligen Pixel, welche die jeweilige
Bildinformation tatsächlich darstellen sollen.

Dieser Lernprozess erfolgt unter Verwendung von Nachrichten,
25 die zwischen jeweils einander benachbarten Prozessoreinheiten
in der Pixel-Anordnung 303 ausgetauscht werden. Das erlernte
Wissen wird teilweise wieder nach außen, das heißt an das
Anzeigeeinheits-Portal 302 gegeben, und zwar in dem Maße, wie
es das Anzeigeeinheits-Portal 302 später benötigt, um die
30 Bildinformationen auf den richtigen Wegen und in der
richtigen Abfolge der Pixel-Anordnung 303 zuzuführen zur
Darstellung eines jeweils darzustellenden Bildes.

Für den Bildaufbau, das heißt für die Vorgehensweise bei der
35 Informationsverteilung darzustellender Bildinformation
innerhalb der Pixel-Anordnung 303 ist die Art der
Bildinformation zu berücksichtigen.

Gemäß diesen Ausführungsbeispielen werden Einzelpixeln zu der Darstellung eines Komplettbildes oder eines Differenzbildes, zum Beispiel im Rahmen von komprimierten Videobildern, zu den einzelnen Pixeln, das heißt genauer zu den einzelnen Pixelprozessoren 103 übertragen. Zu diesem Zweck wird jeder Pixelprozessor 103 von dem Portalprozessor des Anzeigeeinheits-Portals 302 individuell adressiert. Dies führt zu einem im Rahmen der Darstellung von Bildinformation erforderlichen Routings der Bildinformation zu den entsprechenden Pixeln und damit zu den entsprechenden Prozessoreinheiten innerhalb der Pixel-Anordnung. Im Rahmen des Routings von Einzelpixeln sind erfindungsgemäß folgende Besonderheiten des Routing-Problems zu berücksichtigen:

- Es werden Routing-Wege lediglich zwischen dem Portalprozessor des Anzeigeeinheits-Portals 302 und den einzelnen Pixelprozessoren, das heißt den Prozessoreinheiten der Pixel-Anordnung 303, nicht aber zwischen den Pixelprozessoren untereinander bestimmt.
- Es liegt ein gleichmäßiges Routing-Aufkommen vor, das heißt pro anzuzeigendem digitalisierten Bild ist jedem Pixelprozessor genau ein Pixeln zu übermitteln.
- Es wird kein globales Wissen über die Gestalt des Netzes, das heißt der Vermaschung der einzelnen Pixelprozessoren innerhalb der Prozessor-Anordnung vorausgesetzt. Die Wahl von Routing-Wege innerhalb der Prozessor-Anordnung erfolgt auf Basis lokaler Informationen, die zwischen den einzelnen Pixelprozessoren unter Verwendung von elektronischen Nachrichten ausgetauscht werden.

Somit sind erfindungsgemäß zwei Phasen im Rahmen des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Pixel-Anordnung zu unterscheiden:

In einer ersten Phase, der sogenannten Selbstorganisation, wird durchgeführt eine

- Selbsterkennung der lokalen Positionen der einzelnen Pixelprozessoren innerhalb der Pixel-Anordnung und somit der Gesamtform der Pixel-Anordnung;
- Selbstorganisation von Routing-Wegen ausgehend von dem Portalprozessor, das heißt dem Prozessor des Anzeigeeinheits-Portals 302 zu jedem Pixelprozessor in der Pixel-Anordnung 303 derart, dass innerhalb einer vorgegebenen maximalen Zahl von Zeittakten jeder Pixelprozessor von dem Prozessor des Anzeigeeinheits-Portals 302 eine elektronische Nachricht zugeführt bekommen kann.

In einer zweiten Phase, dem eigentlichen Einsatz der Pixel-Anordnung 303 im Rahmen der Darstellung von Bilddaten, werden die Bilddaten von dem Portalprozessor zu den Pixelprozessoren versendet, das heißt übertragen, wodurch das darzustellende Bild in der Pixel-Anordnung 303 aufgebaut wird.

Die Pixelprozessoren 103 sind, wie in Fig.4 dargestellt, für den Fall, dass sie eine rechteckige Form, vorzugsweise eine quadratische Form, aufweisen, jeweils über jede Seite des Vierecks über eine der somit jeweils vier vorgesehenen bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen 401 pro Pixelprozessor 103 und darüber über elektrische Leitungen 402 jeweils mit dem unmittelbar zu einem jeweiligen Pixelprozessor 103 benachbarten Pixelprozessor 103 gekoppelt.

Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass jeweils ein Nachrichtenaustausch zwischen zwei unmittelbar einander benachbarten Pixelprozessoren ermöglicht ist, nicht jedoch ein unmittelbarer, d.h. direkter Nachrichtenaustausch über eine weitere Entfernung hinweg als die unmittelbare Nachbarschaft eines Pixelprozessors 103.

Fig.5 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel, bei dem jeder Pixelprozessor 103 eine hexagonale Form aufweist und pro Pixelprozessor 103 sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 501, ebenfalls an jeder Seite, das heißt Seitenkante, des jeweiligen Pixelprozessors 103 vorgesehen sind. Dies bedeutet, dass gemäß diesem Ausführungsbeispiel jeder Pixelprozessor 103 sechs Nachbar-Pixelprozessoren 103 aufweist, mit denen der jeweilige Pixelprozessor 103 über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle 501 und eine elektrische Leitung 502 für den Austausch elektronischer Nachrichten gekoppelt ist.

Im Weiteren wird zur einfacheren Darstellung der Erfindung lediglich der Fall der hexagonalen Form eines Pixelprozessors 103 beschrieben, jedoch ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit.

Die Pixel-Anordnung 100 weist somit zwei Arten von Einzelkomponenten auf:

- Pixelprozessoren 103, denen jeweils bis zu sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 501 und elektrische Leitungen 502 zugeordnet sind, und
- bidirektionale Verbindungen, im Weiteren auch als bidirektionale Kommunikationsschnittstelle 501 und der jeweiligen Kommunikationsschnittstelle 501 zugeordnete elektronische Leitung 502, die je zwei Pixelprozessoren 103 oder einen Pixelprozessor 103 und den Portalprozessor miteinander koppeln.

Der hexagonale Pixelprozessor 103 kann sechs unterschiedliche Ausrichtungen aufweisen, wie in Fig.6 dargestellt.

Gemäß Fig.6 sind die einzelnen Verbindungen, das heißt damit auch die einzelnen Kommunikationsschnittstellen 501 während der Selbstorganisationsphase, wie sie im Weiteren noch näher erläutert wird, bereits orientiert worden. Die Verbindungen

sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel durchnummeriert und zum besseren Verständnis mit Himmelsrichtungen identifiziert, wobei gemäß diesem Ausführungsbeispiel folgende Nomenklatur verwendet wird:

- 5 • Eine erste Ausrichtung 0 (Ost) (Bezugszeichen 600),
anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach rechts,
- eine zweite Ausrichtung 1 (Nordost) (Bezugszeichen 601),
anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach rechts oben,
- eine dritte Ausrichtung 2 (Nordwest)
- 10 (Bezugszeichen 602), anders ausgedrückt eine Ausrichtung
nach links oben,
- eine vierte Ausrichtung 3 (West) (Bezugszeichen 603),
anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach links,
- eine fünfte Ausrichtung 4 (Südwest) (Bezugszeichen 604),
- 15 anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach links unten,
sowie
- eine sechste Ausrichtung 5 (Südost) (Bezugszeichen 605),
anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach rechts unten.

20 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird vorausgesetzt, dass der Portalprozessor des Anzeigeeinheits-Portals 302 elektrische Kopplungen zu Pixelprozessoren 103 auf ausschließlich einer Seite der Pixel-Anordnung 100 aufweist.

25 Definitionsgemäß sei dies die untere Seite der Pixel-Anordnung 100, das heißt anschaulich die Südseite, wobei die Kopplungen ebenfalls definitionsgemäß über die Südwest-Seite, das heißt über die fünfte Ausrichtungsrichtung der jeweiligen Pixelprozessoren 103 laufen.

30

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass sowohl die Positionierung als auch die Ausrichtung der einzelnen Einleitstellen von Information zu den Pixelprozessoren 103 in der Prozessor-Anordnung 100 als auch die Form und die

35 Ausrichtung der einzelnen Pixelprozessoren 103 in der Prozessor-Anordnung 100 grundsätzlich beliebig sind.

In unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung ist der Portalprozessor

- mit allen Pixelprozessoren 103 der untersten Zeile in Form einer Matrix, das heißt in Zeilen und Spalten, angeordneten Pixelprozessoren 103 der Prozessor-Anordnung 100 elektrisch gekoppelt, oder
- mit Pixelprozessoren 103 der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung in einem vorgegebenen, regulären, das heißt periodischen Abstand, das heißt beispielsweise jedem dritten, fünften, zehnten, etc., Pixelprozessor 103 innerhalb der untersten Zeile der Prozessor-Anordnung.

Der Portalprozessor kennt zwar nach erfolgter Fertigung der Pixel-Anordnung 303 die Anzahl seiner Verbindungen zu den Pixelprozessoren 103, anders ausgedrückt die Anzahl von Einleitstellen zum Zuführen von Information zu Pixelprozessoren 103 innerhalb der Pixel-Anordnung 303, aber nicht notwendigerweise die Dimension und die Ausgestaltung der Pixel-Anordnung 303 und damit der Prozessor-Anordnung, das heißt die tatsächliche Form und Anordnung der Pixelprozessoren 103 innerhalb der Prozessor-Anordnung 100.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass insbesondere eine Richtungsangabe, beispielsweise die Südseite, nicht notwendigerweise eine gerade Linie innerhalb der Prozessor-Anordnung 100 darstellen muss.

Bei den im weiteren erläuterten Teil-Verfahren ist lediglich vorzusehen, dass die einzelnen Verbindungen zwischen dem Portalprozessor und den Pixelprozessoren 103 immer an derselben Stelle erfolgen sollten, gemäß diesem Ausführungsbeispiel über die Südwestseite 604.

Die einzelnen Pixelprozessoren 103 oder die Verbindungen, welche beide als Oberbegriff als Einzelkomponenten der

Prozessor-Anordnung bezeichnet werden, können folgende Zustände annehmen:

1. Fehlerfrei:

- 5 Die jeweilige Komponente der Pixel-Anordnung arbeitet ohne Einschränkungen.

2. Defekt:

- 10 Die jeweilige Komponente der Pixel-Anordnung ist vollständig ausgefallen. Ist die Komponente eine Prozessoreinheit, so sind ebenfalls alle Verbindungen zu dieser Prozessoreinheit als defekt zu deklarieren.

3. Instabil:

- 15 Die Komponente weist Teilausfälle auf, beispielsweise arbeitet eine Richtung einer bidirektionalen Verbindung zwischen der jeweiligen Prozessoreinheit nur zeitweise (das heißt sie weist einen Wackelkontakt auf oder arbeitet methodisch falsch, beispielsweise ein Prozessor, der eine
20 falsche Nachricht versendet).

Im Weiteren wird aus Gründen der einfacheren Darstellung der Erfindung der dritte Zustand nicht betrachtet, das heißt eine Komponente sei im Folgenden entweder fehlerfrei oder defekt.

- 25 Daher spielt es gemäß diesen Ausführungsbeispielen keine Rolle, ob eine Komponente aufgrund einer speziellen Form der Pixel-Anordnung nicht existiert (das heißt beispielsweise eine Anzeigeeinheits-Folie, die die Form eines Dreiecks aufweist), oder ob die jeweilige Komponente aufgrund eines
30 Herstellungsfehlers oder aufgrund erfolgter Abnutzung defekt wurde.

Bei der im Weiteren noch näher erläuterten

Informationsweitergabe, das heißt dem Versenden von

- 35 elektronischen Nachrichten zwischen zwei Pixelprozessoren 103 innerhalb der Pixel-Anordnung 303 oder von dem Portalprozessor zu einem Pixelprozessor 103 an einer

Einleitstelle der Pixel-Anordnung 303 wird im Folgenden eine Taktung des Gesamtsystems, das heißt der gesamten Pixel-Anordnung 303 betrachtet.

5 Jeder Pixelprozessor 103 in der Pixel-Anordnung 303 ist derart eingerichtet, dass er innerhalb eines Zeittaktes folgende Aktionen durchführen kann:

- 10 • Lesen von einer oder mehreren elektronischen Nachrichten, die an einer oder mehreren Verbindungen, das heißt über eine oder mehrere bidirektionale Kommunikationsschnittstellen des jeweiligen Pixelprozessors anliegen und die im zeitlich vorangegangenen Zeittakt von einem Nachbar-Pixelprozessor versendet wurden.
- 15 • Verarbeitung der empfangenen Nachricht.
- Gegebenenfalls Versenden von einer oder mehreren Nachrichten über eine oder mehrere Verbindungen und damit über eine oder mehrere bidirektionale Kommunikationsschnittstellen des Pixelprozessors 103,
20 die im zeitlich darauffolgenden, das heißt nächsten Zeittakt von einem Nachbar-Pixelprozessor empfangen werden können.

Innerhalb eines Zeittaktes kann somit eine elektronische
25 Nachricht nur von einem Pixelprozessor 103 zu einem Nachbar-Pixelprozessor 103 übertragen werden.

Es ist jedoch in diesem Zusammenhang anzumerken, dass erfindungsgemäß keine globale, das heißt für die gesamte
30 Prozessor-Anordnung 100 vorgesehene gemeinsame Taktung der Pixelprozessoren 103 existieren muss, diese jedoch zur einfacheren Darstellung der Erfindung im Weiteren angenommen wird.

35 Im Weiteren werden zum einfacheren Verständnis der erfindungsgemäßen Vorgehensweise Grundlagen über die mathematische Modellierung der Pixel-Anordnung erläutert.

Im Weiteren werden die Pixelprozessoren 103 und das Anzeigeeinheits-Portal 302 gemeinsam als gerichteter Graph sowie die Routing-Wege als gerichteter Baum modelliert.

5

Die Wahl eines Routings ergibt sich somit als diskretes Optimierungsproblem.

10 Definition 1 (Gerichteter Graph, ungerichteter Graph)

(i)

Gegeben sei eine Menge V und eine Menge E . Ist

15

$$g : E \rightarrow V^2 = V \times V$$

eine Abbildung mit den Komponenten

20 $g^- : E \rightarrow V$ und $g^+ : E \rightarrow V,$

d.h.

$$g : E \rightarrow V^2,$$

25

$$e \mapsto (g^-(e), g^+(e)),$$

so heißt das Tupel

30 (V, E, g)

gerichteter Graph mit Eckenmenge (Knotenmenge) V , Kantenmenge E und Inzidenzabbildung g . $g^-(e)$ heißt die initiale Ecke der Kante $e \in E$ und $g^+(e)$ heißt die terminierende Ecke der Kante

35 $e \in E.$

(ii)

5 Gegeben sei eine Menge V und eine Menge M . Man betrachte die Äquivalenzrelation

$$\alpha := \{ \langle (x, y), (y, x) \rangle \in V^2 \times V^2; \text{ mit } x, y \in V \} \subseteq V^2 \times V^2$$

mit den Äquivalenzklassen

10 $[x, y] := \{ \langle x, y \rangle, \langle y, x \rangle \}, \text{ für alle } x, y \in V.$

Mit einer Abbildung

15 $u : M \rightarrow V^2 / \alpha = \{ [x, y]; x, y \in V \}$

heißt das Tupel

(V, M, u)

20 ungerichteter Graph mit Eckenmenge (Knotenmenge) V , Kantenmenge M und Inzidenzabbildung u .

25 **Fig.7a** zeigt einen gerichteten Graphen 700 und **Fig.7b** zeigt einen ungerichteten Graphen 701.

Definition 2 (Terminierte Kanten, initiierte Kanten)

30 Sei (V, E, g) ein gerichteter Graph und $v \in V$. Dann sei $E_{\text{term}}(v)$ die Menge der durch v terminierten Kanten, d.h.

$$E_{\text{term}}(v) := \{ e \in E; g^+(e) = v \},$$

35 und $E_{\text{init}}(v)$ die Menge der durch v initiierten Kanten, d.h.

$$E_{\text{init}}(v) := \{e \in E; g^-(e) = v\}.$$

5 **Definition 3 (Weg in einem gerichteten Graphen)**

Sei (V, E, g) ein gerichteter Graph, $K \subseteq E$.

(i)

10

Für $a, b \in V$ und $n \in \mathbb{N}$ definiere

$$\Gamma_K^n(a, b) := \left\{ \begin{array}{l} (k_1, \dots, k_n) \in K^n; a = g^-(k_1)g^+(k_n) = b, \\ g^+(k_i) = g^-(k_{i+1}) \text{ für } i = 1, \dots, n-1, \\ \left| \{a, g^+(k_1), \dots, g^+(k_n)\} \right| = n+1 \end{array} \right\}.$$

15 als die Menge aller Wege von a nach b der Länge n mit Kanten
 K ($\Gamma_K^n(a, b) = \{\}$, falls kein solcher Weg existiert).

(ii)

20

Für $a, b \in V$ definiere

$$\Gamma_K(a, b) := \bigcup_{n \in \mathbb{N}} \Gamma_K^n(a, b)$$

25 als die Menge aller Wege von a nach b mit Kanten aus K .

Definition 4 (Gerichteter Baum)

30 Sei (V, E, g) ein gerichteter Graph, $V \neq \emptyset$. (V, E, g) heißt
 gerichteter Baum, falls es ein $w \in V$ gibt so dass

$$|\Gamma_E(w, v)| = 1, \text{ für alle } v \in V \setminus \{w\}$$

und für alle $K \subseteq E, K \neq E$

$$|\Gamma_K(w, v)| = 0, \text{ für mindestens ein } v \in V \setminus \{w\}.$$

Das heißt es gibt genau einen Weg von w zu jeder Ecke $v \neq w$ und die Kantenmenge ist nicht verkleinerbar. Die eindeutige Ecke w heißt die Wurzel des gerichteten Baumes.

10

Die zweite Bedingung in der obigen Definition 4 garantiert die Eindeutigkeit der Wurzel, die sonst nicht gegeben wäre und verhindert die Existenz „überflüssiger“ Kanten in dem Baum.

15

Fig.8 zeigt ein Beispiel eines gerichteten Baumes 800 als einen Teil des in Fig.7a skizzierten gerichteten Graphen.

20 **Lemma 5 (Eigenschaften eines gerichteten Baumes)**

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum. Dann gilt für alle $a, b \in V$

$$|\Gamma_E(a, b)| + |\Gamma_E(b, a)| \leq 1.$$

25

Definition 6 (Weglänge, Durchsatz)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum mit Wurzel $w \in V$. Definiere

30

(i)

Für jedes $v \in V \setminus \{w\}$, sei $\gamma_E(v) \in \Gamma_E(w, v)$ der eindeutige Weg von w nach v , d.h.

35

$$\Gamma_E(w, v) = \{\gamma_E(v)\}.$$

(ii)

Für jedes $v \in V \setminus \{w\}$ gibt es ein $n \in \mathbb{N}$ mit

5

$$\{\gamma_E(v)\} = \Gamma_E(w, v) = \Gamma_E^n(w, v).$$

Definiere $|\gamma_E(v)| := n$ als Weglänge des Weges $\gamma_E(v)$.

10

(iii)

Definiere für $|V| < \infty$ und alle $v \in V$

$$15 \quad d_E(v) := 1 + |\{z \in V; \Gamma_E(v, z) \neq \{\}\}| \in \mathbb{N}$$

als Durchsatz des Knotens v .

20 Definition 7 (Ast)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum. Definiere für alle $v \in V$

$$V_E(v) := \{v\} \cup \{z \in V; \Gamma_E(v, z) \neq \{\}\}$$

25

als Ast des Knotens v .

Es gilt folgendes Lemma:

30

Lemma 8 (Mächtigkeit des Astes)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum und $v \in V$. Dann gilt

35

$$d_E(v) = |V_E(v)|.$$

Das Gesamtnetzwerk des bildgebenden Systems 300 inklusive dem Portalprozessor wird im Folgenden als ein Graph dargestellt. Um zu modellieren, dass existierende Verbindungen zwischen zwei Knoten stets in zwei Richtungen durchlässig sind, was eine bidirektionale Kommunikation symbolisiert, wird zunächst ein ungerichteter Graph betrachtet. Zur Festlegung des Routings wird anschließend ein gleichwertiger gerichteter Graph abgeleitet.

Definition 9 (Display-Graph)

Sei (V, M, u) ein ungerichteter Graph mit

(i)

$$2 \leq |V| < \infty, 1 \leq |M| < \infty,$$

(ii)

u injektiv (d. h. keine Zweiecke)

(iii)

$$u(E) \cap \{[x, x]; x \in V\} = \{\} \quad (\text{d. h. schlingenfrei})$$

(iv)

$w \in V$ sei ein ausgezeichnete Knoten und heiße Portal(knoten).

Es sei (V, E, g) der gerichtete Graph, für den gilt: Zu jedem $m \in M$ betrachte neue Elemente m^- und m^+ derart, dass

$$E := \{m^-; m \in M\} \cup \{m^+; m \in M\}, \quad |E| = 2|M|.$$

5

Wähle die Abbildung g derart, dass

$$u(m) = \{g(m^-), g(m^+)\}, \quad \text{für alle } m \in M.$$

10 Gilt zusätzlich

(v)

$\Gamma_E(w, v) \neq \{\}$ für alle $v \in V \setminus \{w\}$ (d. h. zusammenhängend),

15

so heiÙe (V, E, g) ein Anzeigeeinheits-Graph, im Weiteren auch bezeichnet als Display-Graph.

20 Ein entsprechender ungerichteter Graph 900 (vgl. Fig.9a) und der dazu gleichwertige gerichtete Pixel-Anordnungs-Graph 901 (Fig.9b) sind in den Fig.9a und Fig.9b exemplarisch dargestellt.

25 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird ein hexagonales 4x4-Pixelfeld mit einem Defekt gewählt. Die obige Definition 9 ist allgemein gehalten. Die betrachteten Netzwerke besitzen weitere einschränkende Eigenschaften, die hier zunächst aber nur kurz erwähnt werden:

- 30 • Mit Ausnahme des Portal-Knotens 902 ist die Anzahl der Kanten, denen ein Knoten 903 als initiale (terminierende) Ecke angehören kann, durch eine Zahl $q \in \mathbb{N}$ beschränkt. Bislang wurden $q = 4$ (Orthogonales Netzwerk) und $q = 6$ (hexagonales Netzwerk) betrachtet.
- 35 • Der gerichtete Graph 901 ist im Allgemeinen ein ebener Graph bzw. ein plättbarer Graph (es sind Erweiterungen denkbar, bei denen dies nur für den Sub-Graphen gilt,

50

der den Portal-Knoten 902 nicht enthält, falls die Zuleitungen 904 nicht am Rand der Pixel-Anordnung 100 eingespeist werden).

5 Für die weiteren Erläuterungen ist es sinnvoll, neben dem Portal-Knoten 902 noch diejenigen Knoten 903 auszuzeichnen, die eine direkte Verbindung zu dem Portal-Knoten 902 aufweisen. Wie oben beschrieben werden diese Knoten als Einleitknoten 903 bezeichnet, das heißt sie repräsentieren
 10 die Referenzpositionen, denen die Einleit-Pixelprozessoren der Pixel-Anordnung zugeordnet sind. Die Kanten von dem Portal-Knoten 902 zu den Einleitknoten 903 werden im Weiteren als Zuleitungen 904 und die Kanten 905 zwischen Pixelprozessoren als Netzwerkverbindungen bezeichnet.

15

Definition 10 (Zuleitungen, Netzwerkverbindungen, Einleitknoten)

20 Es sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten w . Die Menge der Zuleitungen ist dann definiert durch

$$E_{\text{port}} := \{e \in E; g^-(e) = w\}$$

25 und die Menge der Netzwerkverbindungen durch

$$E_{\text{net}} := \{e \in E; g^-(e) \neq w \wedge g^+(e) \neq w\}.$$

Die Menge der Einleitknoten ist definiert durch

30

$$V_{\text{port}} := g^+(E_{\text{port}}).$$

Im Weiteren wird die Problemstellung betrachtet, dass jedem
 35 Knoten eines Pixel-Anordnung-Graphen vom Portal-Knoten aus

innerhalb eines Zeitrahmens (innerhalb einer Refresh-Rate) eine elektronische Nachricht übermittelt werden soll.

5 Geschieht dies, wie es diese Problemstellung nahe legt, auf fest gewählten Wegen und kreuzen sich Wege, die sich getrennt haben, nicht erneut, so bedeutet dies, dass ein gerichteter Baum als Unter-Graph des Pixel-Anordnungs-Graphen gewählt werden soll. Dieser gerichtete Graph, der auch als Routing-Baum bezeichnet wird, legt dann die Wege des
10 Informationsflusses eindeutig fest, nicht aber die Dynamik des Informationsflusses.

Der Routing-Baum ist nicht eindeutig; im Allgemeinen ist die Menge aller möglichen Bäume unüberschaubar groß.
15

Definition 11 (Zulässige Baum-Menge, zulässige Kantenmenge)

Sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten $w \in V$. Die
20 Menge aller zulässigen gerichteten Bäume in (V, E, g) ist definiert als

$B := \{(V, K, g|_K); \text{ mit } K \subseteq E \text{ und } (V, K, g|_K) \text{ ein gerichteter Baum mit Wurzel } w\}.$

25 Die Menge aller zulässigen Kantenmengen bezüglich (V, E, g) ist dann definiert als

$\kappa := \{K \subseteq E; (V, K, g|_K) \in B\}.$

30

Ein beispielhafter zulässiger Baum 1000 ist in Fig.10 dargestellt mit den entsprechenden Routing-Wegen mit dem Portal-Knoten 1001 als Wurzelknoten des gerichteten Baums
35 1000.

Basierend auf Definition 10 werden folgende Begriffe eingeführt:

5 **Definition 12 (Zuleitungen, Netzwerkverbindungen)**

Es sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten w und sei $K \in \mathcal{K}$. Die Menge der Zuleitungen in K ist dann definiert durch

10
$$K_{\text{port}} := E_{\text{port}} \cap K.$$

Die Menge der Netzwerkverbindungen durch

15
$$K_{\text{net}} := E_{\text{net}} \cap K.$$

Zur Bewertung von Bäumen werden im Folgenden eine Reihe von Kriterien aufgeführt:

20

Definition 13 (Baumbewertungen)

Sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten $w \in V$ und der Menge \mathcal{K} der zulässigen Kantenmengen.

25

(i)

30 Für alle $v \in V \setminus \{w\}$ definiert

$$l_{\min}(v) := \min_{K \in \mathcal{K}} \{\gamma_K(v)\}$$

den Abstand des Knotens v von der Wurzel w im Display-Graphen.

35

(ii)

Für alle $K \in \kappa$ definiert

$$5 \quad L(K) := \max_{v \in V \setminus \{w\}} \{\gamma_K(v)\}$$

den Maximalabstand im durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$.

$$L_{\min} := \min_{K \in \kappa} \{L(K)\}$$

10

ist dann der Maximalabstand im Display-Graphen.

(iii)

15

Für alle $K \in \kappa$ definiert

$$D(K) := \max_{v \in V \setminus \{w\}} \{d_K(v)\}$$

20

den Maximaldurchsatz im durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$.

$$D_{\min} := \min_{K \in \kappa} \{D(K)\}$$

ist dann der Maximaldurchsatz im Display-Graphen.

25

Zur Auswahl der „besten“ Bäume bzw. Kantenmengen sind
mindestens die folgenden Probleme betrachtbar:

30

(i)

Menge der Bäume, deren Knoten jeweils minimalen Abstand zur
Wurzel haben:

35

54

$$O_1 := \{K \in \kappa; |\gamma_K(v)| = l_{\min}(v) \text{ für alle } v \in V \setminus \{w\}\},$$

(ii)

5

Menge der Bäume, deren Maximalabstand minimal ist:

$$O_2 := \{K \in \kappa; L(K) = L_{\min}\},$$

10

(iii)

Menge der Bäume, deren Maximaldurchsatz minimal ist:

$$15 \quad O_3 := \{K \in \kappa; D(K) = D_{\min}\}.$$

Es ist leicht einsehbar, dass $O_1 \subset O_2$.

20 Falls gilt $O_2 \cap O_3 \neq \{\}$, so sind alle Bäume aus $O_2 \cap O_3$ Minimierer der Funktionen L und K und als Routing-Baum besonders geeignet.

Falls $O_2 \cap O_3 \neq \{\}$ nicht gilt, so sind relaxierte

25 Problemstellungen notwendig.

(iv)

30 Menge der Bäume, deren Maximalabstand höchstens um $a \in \mathbb{N}_0$ größer als minimal ist:

$$O_4^a := \{K \in \kappa; L(K) \leq L_{\min} + a\}$$

35

(v)

55

Menge der Bäume, deren Maximaldurchsatz höchstens um $b \in \mathbb{N}_0$ größer als minimal ist:

$$O_5^b := \{K \in \mathcal{K}; D(K) \leq D_{\min} + b\}.$$

5

Für eine geeignete Wahl von $a, b \in \mathbb{N}_0$ wird stets

$$O_4^a \cap O_5^b \neq \{\}$$

möglich sein.

- 10 Die Problemstellung lässt sich aber auch als
multikriterielles kombinatorisches Optimierungsproblem mit
zwei Zielfunktionen auffassen.

- 15 Für den Anzeigeeinheits-Graphen gemäß Fig.9b ist der Routing-
Baum 1000 gemäß Fig.10 sicherlich nicht optimal und zwar nach
keiner der obigen Kriterien. Der Baum 1100 gemäß Fig.11 liegt
dagegen sogar in O_1 geschnitten mit O_3 .

- 20 Oben wurde erläutert, wie die Wege des Informationsflusses im
Anzeigeeinheits-Netzwerk durch die Auswahl eines Routing-
Baums aus einer zulässigen Baum-Menge festgelegt werden
können. Um die Anzeigeeinheits-Knoten mit den zum Bildaufbau
nötigen Informationen zu versorgen, wird jedem Knoten vom
Portal-Knoten ausgehend eine elektronische Nachricht entlang
25 dieser Wege übermittelt. Eine parallele Übermittlung aller
elektronischen Nachrichten ist im Allgemeinen nicht möglich,
da gewisse Kapazitäten, wie viele Nachrichten in einem
Zeittakt über eine Kante übertragen werden können und wie
viele Nachrichten in einem Knoten zwischengespeichert werden
30 können (Queue), nicht überschritten werden dürfen. Eine
zeitliche Abfolge (Dynamik) des Informationsflusses sollte
daher bestimmt werden.

- 35 Sei im Folgenden (V, E, g) ein Anzeigeeinheits-Graph mit
Portal-Knoten w . Es sei $r := |V| - 1$ und $V = \{v_0, v_1, \dots, v_r\}$,
 $v_0 = w$. Ist zudem $K \in \mathcal{K}$ vorgegeben, so können gewisse

"Gesamt"-Routing-Matrizen τ und anschließend gewisse
 "Einzel"-Routing-Matrizen σ^l , $l=1, \dots, r$, eingeführt werden.

In τ wird die Information enthalten sein, wie viele
 5 elektronische Nachrichten über die einzelnen Kanten aus K in
 den einzelnen Zeittakten zu übertragen sind. Dabei werden
 Bedingungen an τ so formuliert, dass die Kapazitäten
 eingehalten werden und am Ende in jedem Knoten eine
 10 elektronische Nachricht vorhanden ist. Zwischen verschiedenen
 Nachrichten (das heißt den Einzelpixeldaten) wird in τ noch
 nicht unterschieden. Wie ein Routing eines speziellen
 Einzelpixeldatums an das jeweilige Zielpixel erfolgt bzw.
 erfolgen kann, ist aus τ noch nicht unmittelbar ersichtlich.
 Doch können aus τ gewisse "Einzel"-Routing-Matrizen σ^l ,
 15 $l=1, \dots, r$, abgeleitet werden, die genau dieses Routing der
 Einzelpixeldaten zu den Zielpixeln v_l , $l=1, \dots, r$, beschreiben.
 Die "Einzel"-Routing-Matrizen σ^l , $l=1, \dots, r$, sind dabei nicht
 notwendigerweise eindeutig, doch wird die Bewertung des
 Routings anhand der Routing-Dauer im Wesentlichen nur von τ
 20 abhängen. Im Weiteren wird daher ein Routing als bereits
 durch τ gegeben betrachtet.

Definition 14 (Routing-Abbildung, Routing-Matrix)

25 Es sei $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \kappa$ (beachte: $|K| = |V| - 1$). Es seien
 $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Eine $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing-Abbildung oder
 -Matrix über den durch K bestimmten Baum $(V, K, g|_K)$ ist eine
 Matrix

30

$$\tau = (\tau_{ij})_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, r}} \in \mathbb{N}_0^{n, r}, n \in \mathbb{N},$$

mit folgenden Eigenschaften

35

(i)

$\tau_{ij} \leq c_{\text{port}}$ für alle $j \in \{1, \dots, r\}$ mit $k_j \in K_{\text{port}}$ und alle $i \in \{1, \dots, n\}$, sowie $\tau_{ij} \leq c_{\text{net}}$ für alle $j \in \{1, \dots, r\}$ mit $k_j \in K_{\text{net}}$ und alle $i \in \{1, \dots, n\}$,

5

(ii)

für alle $v \in V \setminus \{w\}$ und $1 \leq m \leq n$ gilt

10

$$\sum_{1 \leq i \leq m-1} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{term}}(v)}} \tau_{ij} - \sum_{1 \leq i \leq m} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{init}}(v)}} \tau_{ij} \geq 0,$$

(iii)

15

für alle $v \in V \setminus \{w\}$ und $1 \leq m \leq n$ gilt

$$\sum_{1 \leq i \leq m} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{term}}(v)}} \tau_{ij} - \sum_{1 \leq i \leq m} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{init}}(v)}} \tau_{ij} \leq q,$$

20

(iv)

für alle $v \in V \setminus \{w\}$ gilt

25

$$\sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{term}}(v)}} \tau_{ij} - \sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{init}}(v)}} \tau_{ij} = 1.$$

c_{port} heißt Kapazität der Zuleitungen, c_{net} heißt Kapazität der Netzwerkverbindungen und q heißt maximale Queue-Länge.

30

$|V| := n$

heißt Routing-Dauer. Die Menge aller $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing-Matrizen über $(V, K, g|_K)$ werde mit

$$\mathcal{R}_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{(K)}$$

5

bezeichnet.

Die Erweiterung gegenüber den zuvor betrachteten Routing-Bäumen besteht in erster Linie darin, dass in τ zusätzlich
10 eine zeitliche Komponente enthalten ist.

Der Matrixeintrag τ_{ij} , $i \in \{1, \dots, n\}$ $j \in \{1, \dots, r\}$ besagt, dass
im i -ten Zeittakt τ_{ij} Nachrichten über die Kante k_j
übertragen werden.

15

Bedingung (i) gewährleistet die Einhaltung von vorgegebenen
Zuleitungskapazitäten und Netzwerkkapazitäten.

Bedingung (ii) sorgt für die nötige Kausalität im Netz.
20 Nachrichten können nur dann von einem Knoten aus
weitergeleitet werden, wenn sie zuvor (das heißt mindestens
einen Zeittakt früher) an diesen Knoten übermittelt wurden.

Bedingung (iii) berücksichtigt Speicherplatzbeschränkungen in
25 den Knoten.

Nach Bedingung (iv) schließlich liegt nach n Zeiteinheiten
genau eine Nachricht in dem Knoten.

30 Die Routing-Matrix gibt somit gemeinsam mit dem Routing-Baum
ein Routing-Verfahren mit Angabe der zeitlichen Abfolge der
einzelnen Schritte an, das das Netz gleichzeitig mit
Nachrichten versorgt.

35 Es wird definiert:

Definition 15 (Routing)

- 5 Es seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Ein $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing ist ein Tupel (K, τ) bestehend aus einer zulässigen Kantenlänge $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}$ und einer Routing-Matrix $\tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K)$. Die Menge aller Routings werde mit $R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}$ bezeichnet.

10

Wie sich nun das dynamische Routing für jeden einzelnen Knoten ergibt, sehen wir im Folgenden.

- 15 Bestimme dazu Matrizen $\sigma^l \in \{0,1\}^{n,r}$, $l = 1, \dots, r$, nach folgendem Algorithmus:

$\tau^0 := \tau;$

- 20 für $l = 1, \dots, r$:

{

$\sigma^l := 0^{n,r} \in \{0,1\}^{n,r};$

sei $(k_{p_1}, \dots, k_{p_z})$, $z \in \mathbb{N}$, der Weg von w nach v_1 ;

$i_{z+1} := n + 1;$

- 25 für $y := z, \dots, 1$ absteigend:

{

$i_y := \max \left\{ i \in \{1, \dots, i_{y+1} - 1\} : \tau_{i, p_y}^{l-1} > 0 \right\};$

$\sigma_{i_y p_y}^l := 1;$

30

}

$\tau^l := \tau^{l-1} - \sigma^l;$

}

Man zeigt leicht, dass der Algorithmus wohldefiniert ist, und dass $\tau^r = 0^{n,r}$ gilt. Folglich ist

5

$$\sum_{1 \leq l \leq r} \sigma^l = \tau.$$

10 Es ist

$$\sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{term}}(v_{\tilde{l}})}} \sigma_{ij}^l - \sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{init}}(v_{\tilde{l}})}} \sigma_{ij}^l = \delta_{l\tilde{l}}.$$

für alle für alle $l, \tilde{l} \in \{1, \dots, r\}$. Ein Matrixeintrag $\sigma_{ij}^l = 1$
 15 besagt, dass die Nachricht an v_l im i -ten Zeittakt über die Kante k_j weitergeleitet wird.

Als Beweisskizze zu obiger Wohldefiniertheit des Algorithmus
 20 werden zwei Lemmata aufgeführt:

Lemma 16 (Wohldefiniertheit von σ^1)

25 Es sei $l \in \{1, \dots, r\}$. Erfüllt $\tau^{l-1} \in N_0^{n,r}$ die Bedingung (ii) aus Definition 14 für alle $v \in V \setminus \{w\}$ und Bedingung (iv) aus Definition 14 für $v := e_1$, so lässt sich σ^1 gemäß dem Algorithmus wählen.

30

Lemma 17 (Eigenschaften von τ^1)

Es sei $l \in \{1, \dots, r\}$. Erfüllt $\tau^{l-1} \in N_0^{n,r}$ die Voraussetzungen von Lemma 16 und wird σ^l gemäß obigem Algorithmus gewählt, so erfüllt auch τ^l die Voraussetzungen von Lemma 16.

5

Definition 18 (Routing-Matrix zu einzeltem Knoten)

Es seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Es sei $(K, \tau) \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}$ und es seien die Matrizen $\sigma^l, l = 1, \dots, r$, gemäß obigen Algorithmus gewählt. Dann heißen die $\sigma^l, l = 1, \dots, r$, Routing-Matrizen zu den Knoten $v_l, l = 1, \dots, r$ bzgl. (K, τ) .

10

Oft gehen wir bei der Konstruktion der Matrizen τ und $\sigma^l, l = 1, \dots, r$ umgekehrt vor. Wir legen Matrizen $\sigma^l, l = 1, \dots, r$, fest, indem wir angeben, in welcher zeitlichen Abfolge die Nachricht an v_l über den Weg $\gamma_K(v_l)$ weitergeleitet wird. τ ergibt sich dann aus

15

$$\tau := \sum_{1 \leq l \leq r} \sigma^l.$$

20

Die zeitliche Abfolge des Routings zu jedem einzelnen Knoten und damit die $\sigma^l, l = 1, \dots, r$, sind dabei so zu wählen, dass die Kapazitäten von Kanten und Knoten nicht überschritten werden, d. h. dass τ die Punkte (i) und (iii) aus Definition 14 erfüllt.

25

Im Weiteren werden Kriterien zu einem "günstigen" und nach Möglichkeit "optimalen" Auswahl von Routing-Verfahren in einem Anzeigeeinheits-Graphen angegeben. Es wird ein Routing im Weiteren dann als optimal bezeichnet, wenn es die kürzest mögliche Dauer beansprucht. Um dies in mathematische Sprache fassen zu können, werden folgende Begriffe eingeführt.

30

35

Sei dabei (V, E, g) stets ein Anzeigeeinheits-Graph und sei wie zuvor $V = \{v_0, \dots, v_r\}$ mit $v_0 = w$.

5 Definition 19 (Minimale Routing-Dauer)

(i)

10 Sei $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}$ und seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Dann definiert

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) := \min_{\tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K)} \{\tau\}$$

15 die minimale Routing-Dauer über den durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$.

(ii)

20 Seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Dann definiert

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min} := \min_{K \in \mathcal{K}} \{T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K)\}$$

25 die minimale Routing-Dauer im Display-Graphen.

Definition 20 (Optimales Routing)

30

(i)

Sei $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}$ und seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Unter
 35 einer optimalen Routing-Matrix im durch K festgelegten Baum

$(V, K, g|_K)$ wird eine Routing-Matrix verstanden aus folgender Menge

$$R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) := \left\{ \tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K); |\tau| = T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) \right\}.$$

5

(ii)

Seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Unter einem optimalen Routing wird
10 ein Routing verstanden aus folgender Menge

$$R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min} := \left\{ (K, \tau); K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \kappa, \tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K) \right. \\ \left. \text{und } |\tau| = T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min} \right\}$$

15 Die Wahl einer optimalen Routing-Matrix bei bereits festgelegtem Routing-Baum im Sinne von Definition 20 (i) ist einfach. Sie wird im vorliegenden Abschnitt für die Sonderfälle $c_{\text{port}} = 1$ und $c_{\text{net}} = 1$ und $c_{\text{port}} > 1$ und $c_{\text{net}} > 1$ erläutert.

20

Die Lösung des in Definition 20 (ii) gestellten Optimierungsproblems bei freier Wahl des Routing-Baumes ist erheblich schwieriger. Um es exakt zu lösen, ist das Problem meist zu komplex. Im Folgenden werden aus diesem Grund
25 heuristische Verfahren zu seiner Lösung erläutert. Die Lösung des Optimierungsproblems aus Definition 20 (i) bei festgelegtem Routing-Baum liefert dabei wichtige Strategien für die günstige Wahl des Routing-Baums.

30 Zunächst wird der Sonderfall erläutert, bei dem gilt $c_{\text{port}} = c_{\text{net}} = 1$.

64

Es sei $q \in \mathbb{N}$ beliebig und $K \in \mathcal{K}$. Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit gelte $K_{\text{port}} = E_{\text{port}}$ (ansonsten betrachte $u \in V_{\text{port}} \setminus g^+(K_{\text{port}})$ nicht als Einleitknoten, setze also $V_{\text{port}} := g^+(K_{\text{port}})$).

5

Wegen $c_{\text{port}} = 1$ überlegt man leicht, dass

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) \geq \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K).$$

10 Es liegt sogar Gleichheit vor. Sei dazu

$$n := \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K).$$

Die Idee des folgenden Routings ist, dass in jedem Zeittakt über jede Zuleitung eine elektronische Nachricht in die Einleitknoten gelangt und in den folgenden Zeitintervallen schrittweise an ihren jeweiligen Zielknoten, das heißt den Ziel-Pixelprozessor, weitergeleitet wird. Es werden zunächst die Nachrichten an die weiter entfernten Knoten, später die Nachrichten an die nah am Portal-Knoten liegenden Knoten, das heißt Pixelprozessor, eingespeist. Ein entsprechendes Routing ist in den Fig.12a bis Fig.12i für den Fall $c_{\text{port}} = c_{\text{net}} = 1$ dargestellt. Mit den kleinen Vierecken ist jeweils eine elektronische Nachricht 1201 symbolisiert, welche über den Portal-Knoten 1202 zu den Einleit-Pixelprozessoren 1203 in die Pixel-Anordnung 100 geführt wird.

Es wird betrachtet $u \in V_{\text{port}}$ und es wird gesetzt $d := d_K(u) = |V_K(u)|$. Es sei

30 $V_K(u) = \{v_{q_1}, \dots, v_{q_d}\}$ mit $v_{q_1} = u$ derart angeordnet, dass

$$\Gamma_K(v_{q_i}, v_{q_j}) = \{\} \quad (1)$$

für $i > j$. Dies ist insbesondere dann erfüllt, wenn

$$|\gamma_K(v_{q_i})| \geq |\gamma_K(v_{q_j})|$$

- 5 für $i > j$. Sei nun $l \in \{1, \dots, d\}$ beliebig und sei $(k_{p_1}, \dots, k_{p_z}), z \in \mathbb{N}$, der Weg von w nach v_{q_1} .
Dann setze für alle $i \in \{1, \dots, n\}$ und $j \in \{1, \dots, r\}$

$$10 \quad \sigma_{ij}^{q_1} := \begin{cases} 1 & \text{falls } 1 + (d-1) \leq i \leq z + (d-1) \text{ und } p_{i-(d-1)} = j, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Um zu zeigen, dass σ^{q_1} eine Routing-Matrix zu v_{q_1} definiert, genügt es zu zeigen, dass

$$15 \quad z + (d-1) \leq n,$$

denn dann reichen die n Zeittakte, um die Nachricht gemäß unserer Konstruktion von σ^{q_1} an ihr Ziel v_{q_1} zu leiten.

- 20 Wegen (1) ist $1 \geq z$ und damit

$$z + (d-1) \leq d \leq n$$

und damit ist es gezeigt.

- 25 Entsprechend obiger Überlegungen lassen sich durch Betrachtung aller Einleitknoten schließlich die σ^l für alle $l \in \{1, \dots, r\}$ bestimmen. Wie üblich wird gebildet

$$30 \quad \tau := \sum_{l=1}^r \sigma^l.$$

Man sieht leicht, dass τ dann wirklich ein $(1,1,q)$ -Routing über $(V, K, g|_K)$ für beliebige $q \in \mathbb{N}$ definiert und nach obigen Überlegungen optimal ist. Es gilt also

$$5 \quad T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) = \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K).$$

Fig.12a zeigt den Ausgangszustand, zu dem alle Nachrichten 1201 in dem Portal-Knoten 1202 gespeichert sind. Nach einem ersten Zeittakt sind die ersten zwei Nachrichten 1201 den
 10 Einleit-Pixelprozessoren 1203, das heißt den Pixelprozessoren der Pixel-Anordnung 100, über welche die Information über die Pixel-Anordnung zu den jeweiligen Pixelprozessoren zugeführt werden können, zugeführt und dort zwischengespeichert (vgl. Fig.12b). Nach einem weiteren Zeitschritt (vgl. Fig.12c) sind
 15 die ersten beiden Nachrichten schon an erste innere Knoten 1204 der Pixel-Anordnung übertragen und zwei weitere Nachrichten 1201 sind den Einleit-Pixelprozessoren 1203 zugeführt worden. Nach jeweils einem weiteren Zeitschritt ist die jeweilige elektronische Nachricht 1201 immer um jeweils
 20 einen Pixelprozessor weiter übertragen worden und es sind jeweils zwei neue Nachrichten 1201 in die Pixel-Anordnung 100 zugeführt worden, anders ausgedrückt den Einleit-Pixelprozessoren 1203 zugeführt. Die Fig.12d, Fig.12e, Fig.12f, Fig.12g, Fig.12h, Fig.12i zeigen das sukzessive
 25 Voranschreiten der Übertragung der Nachrichten bis zu ihrem jeweiligen Ziel-Pixelprozessor nach jeweils einem Zeittakt.

Als eine mögliche vorteilhafte Strategie für die Wahl eines optimalen Routings bei freier Wahl des Routing-Baums im Sinne
 30 von Definition 20 (ii) kann festgehalten werden:

Wähle den Routing-Baum so, dass alle Einleit-Knoten möglichst gleich großen (genauer: maximal um den Wert 1 unterschiedlichen) Durchsatz besitzen und setze die Routing-
 35 Matrix entsprechend obigen Überlegungen.

Im Weiteren wird der zweite Sonderfall kurz erläutert, bei dem gilt:

$$c := c_{\text{port}} = c_{\text{net}} > 1, \quad q \geq c.$$

5

Sei $K \in \kappa$. Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit gelte wiederum $K_{\text{port}} = E_{\text{port}}$.

10 In diesem Fall ist es schwieriger, die minimale Routing-Dauer im Voraus anzugeben. Es wird somit eine Routing-Matrix entwickelt, die ein optimales $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing über $(V, K, g|K)$ definiert. Aus ihr kann schließlich die minimale Routing-Dauer ermittelt werden. Die Idee für diese Variante des Routings ist gleich der für den Fall $c_{\text{port}} = c_{\text{net}} = 1$
 15 zuvor entwickelten, nur dass in diesem Fall stets $c = c_{\text{port}} = c_{\text{net}}$ Nachrichten gleichzeitig in einen Einleit-Knoten eingeleitet werden, um von dort aus an die am weitesten entfernten, noch nicht benachrichtigten Knoten weitergeleitet zu werden. Ein solches Routing ist wiederum in
 20 den Fig.13a bis Fig.13f skizziert.

Es sei zunächst

$$25 \quad \tilde{n} := \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v).$$

Es sei $u \in V_{\text{port}}$ und es sei $d := d_K(u) = |V_K(u)|$. Es sei $V_K(u) = (v_{q_1}, \dots, v_{q_d})$ mit $v_{q_1} = u$ so angeordnet, dass

30

$$|V_K(v_{q_i})| \geq |V_K(v_{q_j})|$$

68

falls $i > j$. Sei $l \in \{1, \dots, d\}$ und $\hat{d} := \left\lfloor \frac{d-1}{c} \right\rfloor$, d. h. die
 nächst kleinere ganze Zahl zu $\frac{d-1}{c}$. Sei $(k_{p_1}, \dots, k_{p_z})$ der
 Weg von w nach v_{q_1} . Setze nun für alle $i \in \{1, \dots, \tilde{n}\}$ und
 $j \in \{1, \dots, r\}$

5

$$\tilde{\sigma}_{ij}^{q_1} := \begin{cases} 1 & \text{falls } 1+\hat{d} \leq i \leq z+\hat{d} \text{ und } p_i - \hat{d} = j \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}.$$

Wie zuvor, bestimme auf die Weise $\tilde{\sigma}^l$ für alle $l \in \{1, \dots, r\}$
 und setze

10

$$\tilde{\tau} := \sum_{l=1}^r \tilde{\sigma}^l.$$

Streiche nun all diejenigen Zeilen in $\tilde{\tau}$, die gleich 0 sind,
 d. h. setze

15

$$n := \min\{\hat{n} \in \mathbb{N}; \tau_{ij} = 0 \text{ für alle } \hat{n} < i \leq \tilde{n} \text{ und } j = 1, \dots, r\}$$

und

20

$$\tau := (\tau_{ij})_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, r}}.$$

Man kann zeigen, dass τ ein optimales $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing
 über $(V, K, g|_K)$ für beliebige $q \geq c$ definiert. Des
 Weiteren gilt

25

$$\left\lceil \frac{D(K)}{c} \right\rceil = \max_{v \in V_{\text{port}}} \left\lceil \frac{d_K(v)}{c} \right\rceil \leq n \leq \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K)$$

und

$$30 \quad L(K) \leq n.$$

Wie groß n nun tatsächlich ist, hängt von der konkreten Struktur der Äste der Einleitknoten ab, kann aber leicht berechnet werden. Dazu wird zunächst für jedes $u \in V_{\text{port}}$ die

- 5 Anzahl der Zeittakte n_u berechnet, die benötigt wird, um alle Nachrichten an die Knoten des Astes von u zu routen. $V_K(u)$ und d seien dabei wie oben. Dann gilt:

$$n_u = \max_{l \in \{1, \dots, d\}} \left(\left| \gamma_K(v_{q_l}) \right| + \left\lfloor \frac{d-1}{c} \right\rfloor \right).$$

10

Daraus ergibt sich die Routing-Dauer n als

$$n = \max_{u \in V_{\text{port}}} n_u.$$

15

Als alternative Strategie für die Wahl eines optimalen Routings bei freier Wahl des Routing-Baums im Sinne von Definition 20 (ii) ergibt sich somit:

- 20 Wähle den Routing-Baum so, dass alle Einleit-Knoten möglichst gleich großen Durchsatz besitzen und der Baum in den Ästen der Einleit-Knoten "ausreichend weit verzweigt" ist, so dass n möglichst nahe an $\left\lceil \frac{D(K)}{c} \right\rceil$ herankommt. Setze die Routing-Matrix entsprechend obigen Überlegungen.

25

Eine "ausreichend weite Verzweigung" liegt anschaulich dann vor, wenn für alle Einleit-Knoten Folgendes gilt: Betrachte den Ast des Einleit-Knotens, ordne die zugehörigen Knoten nach aufsteigender Weglänge. Dann sollen sich die Weglängen der Knoten nur alle c Knoten um den Wert 1 erhöhen, das heißt c Knoten der Weglänge 2, c Knoten der Weglänge 3,

30

Bei geringen Kapazitäten der jeweiligen Knoten und der Zuleitungen ist es wichtiger, auf einen gleichmäßigen

Durchsatz in dem Einleit-Knoten zu achten, da in diesem Fall üblicherweise der Durchsatz durch die Einleit-Knoten der ausschlaggebende Faktor für die Begrenzung der Routing-Dauer nach unten ist. Die Einleit-Knoten stellen in diesem Falle gewissermaßen eine Engstelle des Baumes dar. Bei höheren Kapazitäten ist es dagegen wichtiger, auf ausreichend viele Verzweigungen im Baum und damit kurze Weglängen zu achten. Hier sind es üblicherweise die Weglängen, die die Routing-Dauer nach unten begrenzen. Sehr hohe Kapazitäten sind dagegen gar nicht mehr sinnvoll, da das hexagonale Netz die Zahl der Verzweigungen limitiert und gewisse minimale Weglängen von der Topologie des Netzes, das heißt die Topologie der Vermaschung bzw. Verkopplung der Pixelprozessoren in der Prozessor-Anordnung vorgegeben sind.

15

Im Weiteren werden Ausführungsbeispiele der Verfahren zur Selbstorganisation der Pixelprozessoren in der Pixel-Anordnung erläutert.

20 Gemäß den Ausführungsbeispielen wird folgende Situation vorausgesetzt:

- Der zentralen externen Einheit, das heißt dem Portalprozessor ist die Topologie des Netzwerkes, das heißt die Anordnung der Pixelprozessoren in der Prozessor-Anordnung unbekannt.
- Die Pixelprozessoren sind durch bidirektionale Verbindungen miteinander vermascht.
- Eine direkte Kommunikation erfolgt nur zwischen jeweils einander unmittelbar benachbarten Nachbar-Pixelprozessoren.
- Basis der Kommunikation ist der Austausch von elektronischen Nachrichten, wie sie beispielsweise in Fig.14 dargestellt sind.
- Jeder Kontakt mit anderen Komponenten zur Selbstorganisation (Positionsbestimmung, Erstellung von Routing-Tabellen etc.) und zum Bildaufbau wird durch verschiedene Nachrichten abgewickelt. Fig. 14 zeigt

35

einen ersten Pixelprozessor 1401 mit hexagonaler Form sowie einen zweiten Pixelprozessor 1402, ebenfalls in hexagonaler Form. Der erste Pixelprozessor 1401 weist sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 1403 auf, was durch jeweils einen Doppelpfeil in Fig.14 angedeutet ist. Auch die zweite Prozessoreinheit 1402 weist sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 1404 auf. Die erste Prozessoreinheit 1401 und die zweite Prozessoreinheit 1402 sind über eine Zuleitung 1405, das heißt eine elektrisch leitende Verbindung, welche selbstverständlich auch als optische Kommunikationsverbindung ausgestaltet sein kann oder als Funkverbindung miteinander derart gekoppelt, dass sowohl eine erste Nachricht 1406 von der ersten Prozessoreinheit 1401 zu der zweiten Prozessoreinheit 1402 übermittelt werden kann als auch eine zweite Nachricht 1407 von der zweiten Prozessoreinheit 1402 zu der ersten Prozessoreinheit 1401.

Gemäß den vorliegenden Ausführungsbeispielen sind in fehlerfreiem Zustand alle Pixelprozessoren 1401, 1402 miteinander voll vermascht über die entsprechenden Zuleitungen und die bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen.

Die oben genannte Problemstellung wird durch Selbstorganisation basierend auf lokalem Nachrichtenaustausch zwischen zwei einander unmittelbar benachbarten Prozessoreinheiten 1401, 1402 gelöst.

Das Selbstorganisationsverfahren besteht somit aus verteilten uniformen Algorithmen, die diese elektronischen Nachrichten über deren Kommunikationsschnittstellen übertragen.

Im Laufe des Verfahrens erlernen die Prozessoreinheiten 1401, 1402 ihre Ausrichtung und ihre ebene Position innerhalb der Prozessor-Anordnung sowie den Abstand der jeweiligen

Prozessoreinheit zu dem Portalprozessor, allgemein zu einer Referenzposition. Die Referenzposition kann auch die Position einer Prozessoreinheit, welche sich an der Einleitstelle der Pixel-Anordnung befindet, sein. In weiteren Schritten werden

5 lokal Routing-Wege zwischen den einzelnen Prozessoreinheiten und dem Portalprozessor geprägt. Die Algorithmen zur Wahl der Routing-Wege sind dabei derart ausgelegt, dass bei einem gleichmäßigen Informationsfluss die Routing-Dauer möglichst minimal wird. Die Selbstorganisation legt auch den

10 Algorithmus zur Verteilung der Information bei Einsatz der Pixel-Anordnung im Rahmen des Bildaufbaus, das heißt im Rahmen der Darstellung eines digitalisierten Bildes auf der Pixel-Anordnung, fest. Aufgrund der speziellen Konzeption des Verfahrens spielen die Form der Pixel-Anordnung und damit

15 auch ausgefallene Einzelkomponenten keine Rolle, womit erfindungsgemäß eine hohe Fehlertoleranz erreicht wird.

Das gesamte Verfahren weist eine Vereinigung folgender Teil-Verfahren auf:

- 20
- Uniforme Teilalgorithmen zur Nachrichtenverarbeitung, die von den Pixelprozessoren ausgeführt werden,
 - dem Steueralgorithmus des Portalprozessors,
 - einem Nachrichtenkatalog, welcher die Schnittstelle der Teilalgorithmen darstellt.

25

Im Folgenden wird eine hexagonale Vermaschung der Pixelprozessoren innerhalb der Pixel-Anordnung 100 ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit angenommen.

- 30
- Die Übertragung der Algorithmen auf den orthogonalen Fall oder andere ebene Vermaschungen ist aber erfindungsgemäß vollkommen analog zu dieser unten gegebenen Darstellung.

35

Gemäß einem Kommunikations-Schichtenmodell unterhalb der erfindungsgemäß benötigten Funktionen liegende Funktionen, beispielsweise Ping-Nachrichten, die Sicherung der Übertragung mittels Prüfsummen, Empfangsbestätigung,

Neuanforderung defekter Nachrichten etc. werden im Weiteren nicht berücksichtigt. Diese können jedoch ohne Weiteres im Rahmen der Erfindung implementiert sein.

- 5 Generell gilt bei den im Weiteren beschriebenen Verfahrensschritten, dass jeder Pixelprozessor aufgrund empfangener Nachrichten für jeden seiner Nachbar-Pixelprozessoren einen Datensatz anlegt, der die gewonnenen Informationen in einem dem jeweiligen Prozessor zugeordneten Speicher speichert.

In einem ersten Teil-Verfahren lernen die Pixelprozessoren eine gleichmäßige Ausrichtung.

- 15 Da alle Verbindungen des Portalprozessors gemäß obiger Konvention mit der Südwest-Seite der entsprechenden Einleit-Pixelprozessoren an den Einleitstellen verknüpft sind, kann dies zur Erzeugung der Kohärenz verwendet werden.
- 20 Dazu werden MessKoherenz-Nachrichten versendet, die als Parameter die Anzahl der Verbindungen enthalten, die die Empfangsverbindung gegen den Uhrzeigersinn von der Ostrichtung, wie oben definiert, entfernt ist.
- 25 Jeder Pixelprozessor ist zur Initialisierung als inkohärent gesetzt.

Bei Empfang einer MessKoherenz-Nachricht 1501 (vgl. Fig.15) werden von dem die MessKoherenz-Nachricht 1501 empfangenden Prozessoreinheit 1500 die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls die Prozessoreinheit 1500 schon kohärent ist, wird die Verarbeitung beendet.
- 35 2. Die Ost-Richtung wird anhand des Nachrichtenparameters bestimmt und alle Verbindungsbezeichnungen / Verbindungsnummerierungen werden entsprechend ausgerichtet.

3. Die Prozessoreinheit 1500 wird als kohärent gesetzt.

4. Über alle Verbindungen werden MessKoherenz-Nachrichten
5 1601, 1602, 1603 ,1604, 1605, 1606 von der Prozessoreinheit
1500 ausgesendet, deren Parameter jeweils so gewählt werden,
dass die die jeweilige MessKoherenz-Nachricht 1601, 1602,
1603, 1604, 1605, 1606 empfangenden Prozessoreinheiten 103
sich auf obige Weise korrekt ausrichten können (vgl. Fig.16).

10 Das Teil-Verfahren zur gleichmäßigen Ausrichtung wird dadurch
in Gang gesetzt, dass der Portalprozessor über seine
Verbindungen die MessKoherenz-Nachricht(2) mit dem
Parameterwert 2 an die jeweiligen Einleit-Pixelprozessoren
15 übermittelt. Das Teil-Verfahren terminiert, wenn die letzte
Prozessoreinheit kohärent geworden ist.

Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des
Prozesses entspricht der maximalen Distanz eines
20 Pixelprozessors von den Portalprozessor. Bis zum "Ersterben"
der letzten Nachrichtenkommunikation können eventuell noch
ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

In einem weiteren Teil-Verfahren ermitteln die
25 Pixelprozessoren mittels Austauschs elektronischer
Nachrichten untereinander automatisch ihre örtliche Position
innerhalb der Pixel-Anordnung.

Da das hexagonale Feld der Pixelprozessoren innerhalb der
30 Pixel-Anordnung aus jeweils versetzten Zeilen besteht, wird
das Koordinatensystem gemäß diesem Ausführungsbeispiel so
gewählt, dass die Spaltennummern in den Zeilen abwechselnd
geradzahlig oder ungeradzahlig sind.

35 Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass bei
einem orthogonalen Aufbau der Pixel-Anordnung das
Koordinatensystem sehr einfach kanonisch wählbar ist.

Auf die oben beschriebene Weise wird es bei dem hexagonalen Feld ermöglicht, dass ein Prozessor unabhängig von der Geometrie der Pixel-Anordnung aus seiner eigenen Position (i, j) mit Zeile i und Spalte j die Positionen seiner Nachbar-Pixelprozessoren ermitteln kann.

Die jeweiligen Positionen sind in Fig.17 für die Prozessoreinheit 1500 dargestellt. Wie man in Fig.17 sieht, ist als Konvention vereinbart, dass die Spaltennummern von West nach Ost (von links nach rechts) ansteigen und die Zeilennummern von Süd nach Nord (von unten nach oben) ansteigen.

Zur Positionsbestimmung werden gemäß diesem Ausführungsbeispiel MessPosition-Nachrichten 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 ausgetauscht, die zwei Parameter enthalten, nämlich die Zeilennummer und die Spaltennummer, die die MessPosition-Nachricht 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 sendende Prozessoreinheit als von ihr angenommene Position der die jeweilige Nachricht 1701, 1702 1703, 1704, 1705, 1706 empfangenden Prozessoreinheit berechnet hat.

Zur Initialisierung ist die Position jedes Pixelprozessors als (0,0) definiert. Der Prozess der Positionsbestimmung beginnt bei jedem Pixelprozessor, sobald er kohärent geworden ist, wie oben erläutert wurde.

Über alle Verbindungen werden dann die MessPosition-Nachrichten 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 versendet, wie in Fig.17 dargestellt.

Bei Empfang einer Mess-Position-Nachricht 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 mit Zeilenparameter z und Spaltenparameter s werden von der jeweiligen empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls $z > i$, wobei i die eigene Zeilennummer darstellt, so wird $i = z$ gesetzt.

2. Falls $s > j$, wobei j die eigene Spaltennummer darstellt,
5 so wird $j = s$ gesetzt.

3. Falls sich aufgrund von Schritt 1 oder Schritt 2 eine Änderung der eigenen Position (i, j) ergeben hat, so werden über alle Verbindungen MessPosition-Nachrichten 1701, 1702,
10 1703, 1704, 1705, 1706 versendet, wie in Fig.17 dargestellt.

Das Teil-Verfahren wird beendet, wenn sich keine Positionsänderungen mehr ergeben.

15 Fig.18 zeigt ein Beispiel für die Prozessor-Anordnung 1800 mit verschiedenen Defekten, welches nach der oben beschriebenen Vorgehensweise automatisch die Positionen der einzelnen Prozessoren bestimmt hat. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wurden sowohl ausgefallene, d.h.
20 fehlerhafte Prozessoren als auch ausgefallene Verbindungen verwendet. Dieses Ausführungsbeispiel dient auch im Weiteren Verlauf dieser Beschreibung in zwei Varianten mit einer unterschiedlichen Anzahl von Einleit-Prozessoreinheiten zur Beschreibung der weiteren Teil-Verfahren.

25 Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Prozesses ist nach oben begrenzt durch die maximale Distanz eines Pixelprozessors von einem anderen Pixelprozessor in der Prozessor-Anordnung. Bis zum "Ersterben" der letzten
30 Nachrichtenkommunikation können noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden. Üblicherweise ist jedoch das Teil-Verfahren in Abhängigkeit der Geometrie der Prozessor-Anordnung 1800 in der Regel sogar schneller durchführbar.

35 In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass bei der Darstellung von hexagonalen Pixelbildern oder orthogonalen Pixelbildern von dem Portalprozessor eine Abbildung auf das

so ermittelte Koordinatensystem der Prozessor-Anordnung 1800 durchgeführt wird. Bei dem in späteren Teil-Verfahren erfolgten Aufbau von Routing-Wegen werden dem Portalprozessor die jetzt lokal gespeicherten Informationen übermittelt, so
5 dass eine entsprechende Abbildung in dem Portalprozessor erfolgen kann.

In Fig.18 ist in der Pixel-Anordnung jeweils für jeden Pixelprozessor 1801 die örtliche Position des jeweiligen
10 Pixelprozessors 1801 innerhalb der Prozessor-Anordnung 1800 in Form eines Wertetupfels aufgetragen.

In einem zusätzlichen Teil-Verfahren wird der jeweilige Abstand einer Prozessoreinheit von dem Portalprozessor, das
15 heißt die Länge des Weges von dem Pixelprozessor zum Portalprozessor (siehe auch Definition 6) ermittelt, allgemein der Abstand einer Prozessoreinheit 1801 in der Prozessor-Anordnung 1800 von einer vorgegebenen Referenzposition.

20 Zur Initialisierung dieses Teil-Verfahrens ist der Abstand jeder Prozessoreinheit 1801 als "unendlich" definiert. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der Abstand jedes Pixelprozessors zu dem Portalprozessor als ein Wert
25 definiert, der größer ist als ein maximaler Wert, der innerhalb der Pixel-Anordnung als Abstand angenommen werden kann.

Es wird ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit
30 vorausgesetzt, dass die Schritte der oben dargestellten Teil-Verfahren bereits durchgeführt wurden.

Der Prozess der Abstandsbestimmung wird dann von dem Portalprozessor mittels Versendens von MessDistance(0)-
35 Nachrichten an die Prozessoreinheiten an den Einleit-Stellen der Prozessor-Anordnung 1800 gestartet.

Bei Empfang einer MessDistance-Nachricht mit Abstandsparameter a werden von der jeweiligen die MessDistance-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

5

1. Falls $d \geq a+1$, wobei d den eigenen Abstand darstellt, so wird $d = a + 1$ gesetzt.

10

2. Falls sich aufgrund von Schritt 1 eine Änderung des eigenen Abstandes d ergeben hat, so werden über alle Verbindungen MessDistance-Nachrichten 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906 an die jeweils benachbarten Prozessoreinheiten versendet (vgl. Fig.19). Die jeweilige MessDistance-Nachricht 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906 enthält jeweils als

15

Parameter den Abstandswert, den die Prozessoreinheit 1500 in dem vorangegangenen Schritt ermittelt hat.

Das Teil-Verfahren terminiert, wenn sich keine Abstandsänderungen mehr ergeben.

20

Fig.20 und Fig.21 zeigen die Prozessor-Anordnung 1800 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel und eine Prozessor-Anordnung 2100 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, wobei bei der Prozessor-Anordnung 1800 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel

25

alle Prozessoreinheiten 2001 in der untersten Zeile 2002 der Prozessor-Anordnung 1800 mit dem Portalprozessor über deren Südwest-Seite 2003 gekoppelt sind.

30

Bei der Prozessor-Anordnung 2100 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel enthält die unterste Zeile 2101 der Prozessor-Anordnung 2100 sowohl Prozessoreinheiten 2102, welche nicht mit dem Portalprozessor gekoppelt sind als auch Prozessoreinheiten 2103, welche über deren an der Südwest-Seite angeordneten Kommunikationsschnittstellen 2104 mit dem

35

Portalprozessor gekoppelt sind. Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist jede dritte Prozessoreinheit in der untersten Zeile 2101 über ihre an der Südwest-Seite liegenden

Kommunikationsschnittstelle mit dem Portalprozessor verbunden.

Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Prozesses entspricht der maximalen Distanz einer Prozessoreinheit von dem Portalprozessor. Wiederum können bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

10 In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass jede Prozessoreinheit aufgrund der jeweils empfangenen Nachrichten auch die Entfernung seiner direkten Nachbar-Prozessoreinheiten von dem Portalprozessor bei sich lokal zur späteren Verwendung speichern kann.

15 Anschaulich wird in diesem Teil-Verfahren in einem iterativen Verfahren der eigene Abstandswert der Prozessoreinheit dann verändert, wenn der bisher gespeicherte Abstandswert größer ist als der um einen vorgegebenen Wert erhöhte empfangene Abstandswert in der jeweils empfangenen Nachricht. Für den 20 Fall, dass eine Prozessoreinheit den eigenen Abstandswert verändert, erzeugt dieser eine MessAbstands-Nachricht und sendet diese über alle Kommunikationsschnittstellen an benachbarte Prozessoreinheiten, wobei die MessAbstands-Nachricht jeweils den eigenen Abstand als Abstandsinformation 25 enthält oder den Abstandswert, den die empfangene Prozessoreinheit von dem Portal-Prozessor aufweist, vorzugsweise einen um einen vorgegebenen Wert erhöhten Wert gegenüber dem eigenen Abstandswert, vorzugsweise einem 30 Abstandswert, der um den Wert "1" erhöht ist.

Im Weiteren wird das Teil-Verfahren zur regulären Rückwärtsorganisation beschrieben.

35 Um die folgenden Verfahrensschritte durchführen zu können, ist es erforderlich, dass der Abstand eines Pixelprozessors zu einer jeweiligen Referenzposition ermittelt worden ist und

somit bekannt ist und vorzugsweise als jeweilige Abstandsinformation in dem Speicher des jeweiligen Prozessors gespeichert ist.

- 5 In dem im Weiteren beschriebenen Teil-Verfahren werden die Verbindungen zwischen den jeweiligen Prozessoreinheiten im Weiteren als Kanäle bezeichnete Instanzen ausgezeichnet.

10 Die Mengen der Prozessoreinheiten mit dem Portalprozessor als Wurzel-Knoten und den Kanälen als Kanten zwischen den jeweiligen Prozessoreinheiten bilden einen Baum. Dieser Baum wird für das anschließende Routing verwendet, wie es oben in Zusammenhang mit den graphentheoretischen Grundlagen beschrieben worden ist.

15 Die Kanäle werden in regulärer Weise so bestimmt, dass jede Prozessoreinheit auf einem kürzesten Weg mit dem Portal-Knoten verbunden wird.

20 Zur Initialisierung ist jeder Pixelprozessor 1500 als „unorganisiert“ definiert. Der Prozess der Organisation wird von dem Portalprozessor mittels Versendens von MessOrganize-Nachrichten 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, welche keinerlei Parameter aufweisen, über alle Verbindungen hinweg
25 gestartet.

Bei Empfang einer MessOrganize-Nachricht 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206 werden von der jeweils die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte
30 durchgeführt:

1. Falls die Prozessoreinheit schon organisiert ist, wird die Verarbeitung beendet.
- 35 2. Über alle Verbindungen mit Ausnahme der Empfangsverbindung, das heißt der Verbindung, über die die MessOrganize-Nachricht 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206

empfangen worden ist, werden zusätzliche Mess-Organize-Nachrichten versendet (vgl. Fig.22).

3. Die Prozessoreinheit ermittelt aufgrund der zuvor
5 ermittelten Abstandsinformationen eine Nachbar-Prozessoreinheit, welche einen geringeren Abstand als sie selbst von der Referenzposition, vorzugsweise somit von dem Portalprozessor, aufweist. Es wird diejenige Nachbar-Prozessoreinheit ausgewählt und als "Vorgänger" definiert,
10 welche als erste nach der gemäß Fig.23 und Fig.24 festgelegten Reihenfolge einen geringeren Abstand aufweist als die Prozessoreinheit selbst. Die Verbindung zwischen der Prozessoreinheit und ihrem "Vorgänger" wird besonders ausgezeichnet und "Kanal" genannt. Die Menge der
15 Pixelprozessoren mit dem Portalprozessor als Knoten und den Kanälen als Kanten bilden dann einen Baum. Bei einem regulären Display ohne Fehler führt diese Vorgehensweise auf ein "Zickzack-Muster" bei der Festlegung der Kanäle.
- 20 4. Dem "Vorgänger" wird eine MessChannel-Nachricht geschickt und die Prozessoreinheit wird als organisiert gesetzt.

Bei Empfang einer MessChannel-Nachricht wird von dem die Mess-Channel-Nachricht empfangenden Prozessor der Absender
25 als "Nachfolger" definiert. Entsprechend ist dann die Verbindung zwischen der Prozessoreinheit und dem "Nachfolger" ein Kanal.

Das Teil-Verfahren terminiert, nachdem alle
30 Prozessoreinheiten auf diese Weise sich organisiert haben.

Fig.25 zeigt beispielhaft eine organisierte Prozessoreinheit 2500, wobei die Verbindungen 2501, welche Kanäle sind, optisch hervorgehoben sind. Über die Kanäle 2501 werden beim
35 Einsatz des Displays die Pixelinformationen, beispielsweise somit die darzustellenden Bildinformationen, geroutet.

Fig.26 und Fig.27 zeigen Beispiele für die Prozessor-Anordnung 1800 und 2100 nach erfolgter automatischer Organisation, wie oben beschrieben.

- 5 Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Teil-
Verfahrens zur rückwärts gerichteten Selbstorganisation
entspricht der maximalen Distanz eines Pixelprozessors vom
Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten
Nachrichtenkommunikation können auch in diesem Fall ein bis
10 zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

Die reguläre Rückwärtsorganisation führt bei fehlerfreien
rechteckigen Displays, das heißt Anzeigeeinheiten, zu gut
balancierten Bäumen.

- 15 Da alle Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung
1800, 2100 auf jeweils einem kürzesten Weg mit dem Portal
verbunden sind, bestimmt dieser Algorithmus ein Element der
oben definierten „optimalen Menge“ O_1 . Im Falle von
20 Horizontalrissen 2600, 2700, wie in den Fig.26 und Fig.27
dargestellt, führt die oben beschriebene Vorgehensweise
jedoch dazu, dass die durch den Riss verschatteten Anteile
der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 im Wesentlichen von einer
einzigen Zuleitung vom Portal zum Display versorgt werden.
25 Daher werden im Weiteren noch zusätzliche alternative
Möglichkeiten der Organisation beschrieben.

Zum Aufstellen von Routing-Tabellen ist der Durchsatz eines
Pixelprozessors von erheblicher Bedeutung.

- 30 Der Durchsatz ist die Anzahl von Pixelinformationen, die zum
Aufbau eines Bildes von diesem Prozessor jeweils verarbeitet
oder weitergereicht werden müssen.

- 35 Die mathematische Definition des Durchsatzes ist in
Definition 6 oben gegeben.

Diese Zahl ist identisch mit der Anzahl der Pixelinformationen, die über den Eingangs-Kanal empfangen werden.

- 5 Zum Durchführen der folgenden Teil-Verfahrensschritte muss in der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 eine Baumstruktur beispielsweise mittels Kanäle organisiert worden sein, wie oben beschrieben.
- 10 Das Teil-Verfahren wird von dem Portalprozessor mittels Versendens von Mess-Count-Notes-Nachrichten, welche keine Parameter aufweisen, über alle Verbindungen zu den jeweiligen Einleit-Prozessoreinheiten gestartet.
- 15 Bei Empfang einer eingehenden MessCountNodes-Nachricht 2801 über den Eingangs-Kanal werden von dem jeweils die MessCountNodes-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:
 - 20 1. Über alle Ausgangs-Kanäle der die MessCountNodes-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit werden wiederum MessCountNodes-Nachrichten 2802 versendet, wie in Fig.28 dargestellt.
 2. Alle Nachbar-Prozessoreinheiten, die über Ausgangs-Kanäle miteinander verbunden sind, werden mit einem Durchsatz mit dem Durchsatzwert "0" markiert.
 3. Falls keine Ausgangs-Kanäle existieren, wird der eigene Durchsatz auf den Durchgangswert "1" gesetzt und es wird eine
- 30 MessNodesSize-Nachricht 2901 über den Eingangs-Kanal an die jeweilige Vorgänger-Prozessoreinheit gesendet. Fig.29 zeigt für eine Prozessoreinheit 1500 zwei eingehende MessNodesSize-Nachrichten, eine erste eingehende MessNodesSize-Nachricht 2901, welche den Wert d_1 enthält und eine zweite eingehende
- 35 MessNodesSize-Nachricht 2902 mit dem Parameter d_2 . Bei Empfang einer MessNodesSize-Nachricht mit Durchsatzparameter \hat{d} über einen Ausgangskanal werden von dem die MessNodesSize-

Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Die Nachbar-Prozessoreinheit, von der die MessNodesSize-Nachricht 2901, 2902 empfangen wurde, wird mit dem Durchsatzparameter der MessNodesSize-Nachricht markiert.
2. Falls mindestens ein Ausgangs-Kanal mit einem Durchsatz mit dem Durchsatzwert „0“ markiert ist, wird die Verarbeitung beendet.
3. Falls alle Ausgangs-Kanäle mit einem Durchsatzwert > 0 markiert sind, so wird der eigene Durchsatz d als Summe aller Ausgangs-Durchsätze $+1$ berechnet.
4. Es wird eine zusätzliche MessNodesSize-Nachricht 2903 von der Prozessoreinheit erzeugt und mit dem Durchsatzwert d , welche sich ergibt, gemäß folgender Vorschrift:
 $d = d_1 + d_2 + 1$ gemäß dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel, über den jeweiligen Eingangs-Kanal gesendet.

Das Teil-Verfahren terminiert, nachdem der Portalprozessor über alle Verbindungen eine MessNodesSize-Nachricht erhalten hat.

Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Teil-Verfahrens entspricht der doppelten maximalen Distanz eines Pixelprozessors vom Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können auch in diesem Fall noch ein bis zwei Takte mehr benötigt werden.

Fig.30 und Fig.31 zeigen Beispiele für die Prozessor-Anordnung 1800 bzw. 2100, nachdem auf die oben beschriebenen Weise die Durchsätze automatisch ermittelt wurden.

In den jeweiligen Pixelprozessoren ist der jeweilige Durchsatzwert angegeben. Diese Beispiele zeigen, dass die Durchsätze derjenigen Einleit-Prozessoreinheiten sehr hoch sind, die das von dem jeweiligen Horizontalriss 2600, 2700 verschattete Gebiet der Prozessor-Anordnung 1800 bzw. 2100 versorgen müssen.

Daher wird im Weiteren ein alternatives Organisationsverfahren beschrieben, welches noch flexibler auf Fehler, das heißt Defekte und unreguläre Formen einer Prozessor-Anordnung 1800, 2100, reagieren kann.

Um einen möglichst gleichmäßigen Durchsatz zu erreichen, besteht ein heuristischer Lösungsansatz zur Auswahl eines Routing-Baums im sukzessiven Versenden von sogenannten MessToken-Nachrichten, welche in der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 "Plätze besetzen".

In Analogie zu einer allmählichen Einfärbung der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 mittels Farbströmen wird jede Einleitstelle mit Token einer anderen "Farbe" beschickt. Auf diese Weise wird die Prozessor-Anordnung 1800, 2100 in Farbreionen unterteilt, die jeweils über eine Einleit-Prozessoreinheit von dem Portal-Knoten versorgt werden.

Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass jeweils eine "Farbe" bzw. eine individuelle Markierung für jede von über eine jeweilige Einleit-Prozessoreinheit versorgte Prozessoreinheit vorgesehen ist.

Im Weiteren wird der Begriff "Farbe" zur anschaulicheren Darstellung und entsprechend ein mit gleicher Markierung markierter Bereich als "Farbreion" verwendet.

Es kommen folgende heuristische Strategien der Verteilung zum Tragen:

- Ein Tokengewicht bestimmt, um wie viel der Abstand zum Portal-Knoten maximal vergrößert werden darf aufgrund der Einfärbung.
- Einmal gefärbte Pixel, das heißt Prozessoreinheiten, bleiben gefärbt, anders ausgedrückt bleiben markiert.
- Die den Token versendende Prozessoreinheit wird zum „Vorgänger“ und die Verbindung zu ihm zum Kanal. Im Weiteren nimmt das gefärbte Pixel, das heißt die markierte Prozessoreinheit, nur noch von dem jeweiligen Vorgänger Token an.
- Token werden bevorzugt über Kanäle versendet.

Nach der kompletten Einfärbung der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 ist eine Reorganisation innerhalb der gefärbten Bereiche erforderlich, da sich aufgrund des Teil-Verfahrens nicht optimale „Mäander-Kanäle“ 3501 bilden, wie beispielsweise in Fig.35 dargestellt.

Zunächst werden in den folgenden Unterabschnitten die Teil-Verfahren zur Verarbeitung der bei der Tokenvergabe verwendeten Nachrichten beschrieben.

Die Abstandsbestimmung innerhalb einer Farbregion ist weitestgehend identisch zur allgemeinen, oben beschriebenen Abstandsbestimmung zu einer Referenzposition.

Der Farbabstand bestimmt dabei die Länge des kürzesten Weges einer Prozessoreinheit zum Portalprozessor, wobei alle Prozessoreinheiten des Weges derselben Farbregion angehören müssen.

Zur Initialisierung ist der Farbabstand jeder Prozessoreinheit als unendlich definiert und seine Farbe als undefiniert. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der Abstand jedes Pixelprozessors zu dem Portalprozessor als ein Wert definiert, der größer ist als ein maximaler Wert, der innerhalb der Pixel-Anordnung als Abstand angenommen werden

kann. Ebenso markiert die Prozessoreinheit seine Nachbar-Prozessoreinheiten als undefiniert gefärbt mit Farbabstand unendlich.

5 Bei Empfang einer MessColDistance-Nachricht mit Farbe c und Farbabstandsparameter a werden von der jeweiligen die MessColDistance-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

10 1. Die die MessColDistance-Nachricht versendende Prozessoreinheit wird mit der Farbe c und dem Farbabstand a markiert.

15 2. Falls die Farbe c nicht mit der eigenen Farbe f übereinstimmt, das heißt der Farbe f der die MessColDistance-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit, so wird die Verarbeitung beendet.

20 3. Der eigene Farbabstand d wird als Minimum der Farbabstände von gleichfarbig markierten Nachbarn plus den Wert 1 gesetzt.

4. Falls sich aufgrund von Schritt 3 eine Änderung des eigenen Farbabstandes d ergeben hat, so werden über alle Verbindungen MessColDistance-Nachrichten 3201, 3202, 3203, 25 3204, 3205, 3206 mit den Parametern (f, d), das heißt anders ausgedrückt mit dem eigenen Farbabstand d und der eigenen Farbe f versendet (vgl. Fig.32).

30 Zum Blockieren von Nachbar-Prozessoreinheiten gegenüber empfangenen Token-Nachrichten werden erfindungsgemäß MessBlockToken-Nachrichten verwendet, das heißt nach Empfang einer solchen MessBlockToken-Nachricht dürfen zu diesen blockierten Nachbar-Prozessoreinheiten keine Token mehr versendet werden.

35

Gleichzeitig werden Farbe und Farbabstand wie bei der MessColDistance-Nachricht mitgeteilt.

Zur Initialisierung sind alle Nachbar-Prozessoreinheiten einer Prozessoreinheit als unblockiert gesetzt.

5 Bei Empfang einer eingehenden MessBlockToken-Nachricht 3301 mit der Farbe c und dem Farbabstandsparameter a als Nachrichtenparameter werden von der jeweils die MessBlockToken-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

- 10
1. Die die MessBlockToken-Nachricht versendende Prozessoreinheit wird als blockiert gesetzt und mit der Farbe c und dem Farbabstand a markiert.
 - 15 2. Falls die Farbe c nicht mit der eigenen Farbe f, das heißt der Farbe des die Mess-Block-Token-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit übereinstimmt, wird die Verarbeitung mit dem weiter beschriebenen Schritt 5 fortgesetzt.
 - 20 3. Der eigene Farbabstand d wird als Minimum der Farbabstände von gleichfarbig markierten Nachbar-Prozessoreinheiten plus dem Wert 1 gesetzt.
 - 25 4. Falls sich aufgrund von Schritt 3 eine Änderung des eigenen Farbabstands d ergeben hat, so werden von der Prozessoreinheit MessColDistance-Nachrichten 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, 3206 über alle Verbindungen mit Parametern (f, d) versendet, wie in Fig.32 dargestellt.
 - 30 5. Falls es einen Eingangs-Kanal gibt und alle Nachbar-Prozessoreinheiten als blockiert gesetzt sind, so wird eine MessBlockToken-Nachricht 3302 mit den Parametern (f, d) erzeugt und über den Eingangs-Kanal versendet, wie in Fig.33 dargestellt.

35

Zum Einfärben, das heißt zum Markieren von Prozessoreinheiten und somit zum Definieren von Farbregionen, das heißt zu

markierten Bereichen innerhalb der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 werden erfindungsgemäß sogenannte MessToken-Nachrichten verwendet.

- 5 Bei der Verarbeitung von Mess-Token-Nachrichten ist zu unterscheiden, ob die Prozessoreinheit noch ungefärbt oder schon von einem Token gefärbt wurden.

Bei Empfang einer eingehenden MessToken-Nachricht 3401 mit...
10 dem Gewicht g und der Farbe f als Nachrichtenparameter werden von einer ungefärbten Prozessoreinheit, welche die Mess-Token-Nachricht 3401 empfängt, die folgenden Schritte durchgeführt:

- 15 1. Der potentielle eigene Farbabstand pd wird als Minimum der Farbabstände von mit der Farbe f gefärbten Nachbar-Prozessoreinheiten + 1 gesetzt.

2. Falls das Gewicht $g \leq pd - a$ ist, wobei a der Abstand
20 (nicht der Farbabstand!) der Prozessoreinheit von dem Portalprozessor ist, so wird der die MessToken-Nachricht 3401 versendenden Prozessoreinheit eine MessBlock-Token-Nachricht geschickt und die Verarbeitung wird beendet (die Ausbreitung der Tokens wird daher durch einen relaxierten Abstand
25 beschränkt).

3. Die die MessBlockToken-Nachricht 3401 sendende
Prozessoreinheit wird als blockiert gesetzt. Die eigene Farbe wird als f gesetzt und der eigene Farbabstand als pd .

30

4. Der die Mess-Token-Nachricht 3401 sendenden
Prozessoreinheit wird eine MessChannel-Nachricht geschickt und die Prozessoreinheit wird als organisiert gesetzt. Somit ist der Eingangs-Kanal festgelegt.

35

5. Über alle Verbindungen mit Ausnahme des Eingangs-Kanals der Prozessoreinheit 1500 werden MessBlockToken-Nachrichten

3402, 3403, 3404, 3405, 3406 versendet, wie in Fig.34 dargestellt, um eine Tokenvergabe von dort zu verhindern.

- 5 6. Falls alle Nachbar-Prozessoreinheiten als blockiert gesetzt sind, so wird eine MessBlockToken-Nachricht 3402, 3403, 3404, 3405, 3406 über den Eingangs-Kanal gesendet, wie in Fig.33 dargestellt.

- 10 Bei Empfang einer Mess-Token-Nachricht mit dem Gewicht g und der Farbe f über den Eingangs-Kanal wird hingegen von einer schon gefärbten Prozessoreinheit anders vorgegangen.

- Man betrachtet bei einer geraden Spaltennummer eine Reihenfolge $R = (SE, SW, E, W, NE, NW)$, was einer Reihenfolge
15 R entspricht von (Südost, Südwest, Ost, West, Nordost, Nordwest) und bei einer ungeraden Spaltennummer eine Reihenfolge $R = (SW, SE, W, E, NW, NE)$, was entspricht einer Reihenfolge (Südwest, Südost, West, Ost, Nordwest, Nordost) und führt die folgenden Verfahrensschritte durch:

- 20 1. Falls die empfangene Mess-Token-Nachricht nicht über den Eingangs-Kanal kam oder die Farbe f nicht mit der eigenen Farbe übereinstimmt, wird die Verarbeitung beendet.
- 25 2. Falls es nach der Reihenfolge R einen unblockierten Ausgangs-Kanal gibt, so wird über diesen Ausgangs-Kanal eine MessToken-Nachricht mit den Parametern (g, f) geschickt, das heißt, das Token wird weitergereicht, und die Verarbeitung wird beendet.
- 30 3. Falls es nach der Reihenfolge R eine unblockierte Verbindung gibt, so wird über diese Verbindung eine MessToken-Nachricht (g, f) versendet und die Verarbeitung wird beendet.
- 35 4. Über den Eingangs-Kanal wird eine MessBlockToken-Nachricht geschickt, da sich das Token nicht weiterreichen lässt.

Da bei der Wahl der Farbreionen die Kanäle aufgrund des oben beschriebenen Teil-Verfahrens nicht optimal gesetzt werden können, wie in Fig.35 dargestellt, werden diese Kanäle mit MessDeleteChannels-Nachrichten gelöscht und später neu
5 gesetzt. Zur Terminierung des Teil-Verfahrens wird die Nachricht mit einem Parameter "stamp" versehen, dessen Wert nicht identisch ist mit dem entsprechend gespeicherten Parameter in der Prozessoreinheit. In diesem Zusammenhang ist
10 anzumerken, dass der Portalprozessor bei jeder Reorganisation einen anderen Parameter "stamp" verwendet.

Bei Empfang einer eingehenden MessDeleteChannels-Nachricht 3601 mit dem Parameter "stamp" werden von der die jeweilige
15 MessDeleteChannels-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls der eigene Stempelparameter identisch zu dem empfangenen Parameterwert "stamp" ist, wird die Verarbeitung
20 beendet.
2. Der eigene Stempelparameter wird auf den Wert in der MessDeleteChannels-Nachricht "stamp" gesetzt.
- 25 3. Alle Kanäle werden gelöscht.
4. Über alle Verbindungen mit Ausnahme der Verbindung zu der die MessDeleteChannels-Nachricht sendenden Prozessoreinheit werden MessDeleteChannels-Nachrichten 3602, 3603, 3604, 3605,
30 3606 mit dem Parameter "stamp" gesendet, wie in Fig.36 dargestellt.

Nach Löschen der alten Kanäle werden neue Kanäle innerhalb einer Farbreion mittels Verwendens von MessColOrganize-
35 Nachrichten gesetzt.

Die Verarbeitung von eingehenden MessColOrganize-Nachrichten 3701 und das Versenden von MessColOrganize-Nachrichten 3702, 3703, 3704, 3705, 3706 ist weitestgehend identisch zur Verarbeitung von MessOrganize-Nachrichten, wie oben
5 beschrieben.

Ein Unterschied besteht jedoch darin, dass die betrachteten Nachbar-Prozessoreinheiten identisch wie die verarbeitende Prozessoreinheit eingefärbt sein müssen und dass nicht der
10 Abstand, sondern der Farbabstand als Kriterium verwendet wird.

Zur Durchführung des oben beschriebenen Teil-Verfahrens sollten im Pixel-Array alle beschriebenen Schritte bis zur
15 Abstandsbestimmung wie oben erläutert durchgeführt worden sein.

Wie oben in dem ersten Ausführungsbeispiel werden die Verbindungen speziell als "Kanäle" ausgezeichnet.
20

In einem ersten Schritt wird von dem Portalprozessor über alle Verbindungen je eine MessColDistance-Nachricht 4001 (vgl. Fig.40) mit den Parametern (f, 0) mit unterschiedlichem Farbparameter f versendet. Somit markieren alle Nachbar-
25 Prozessoreinheiten das Portalprozessor dies mit einer unterschiedlichen Farbe.

Auf diese Weise ist gewährleistet, dass ausgehend von jeder Einleit-Prozessoreinheit jeweils eine individuelle und
30 eindeutige Markierung erfolgt.

In einem zweiten Schritt werden von dem Portalprozessor über alle Verbindungen sukzessive MessToken-Nachrichten mit den Parametern (g, f) mit identischen Gewicht $g \in \mathbb{N}_0$ und
35 unterschiedlichem Farbparameter f versendet, um alle Prozessoreinheiten der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 einzufärben.

Das Teil-Verfahren terminiert, wenn über alle Verbindungen des Pixelprozessors MessBlockToken-Nachrichten eingetroffen sind, das heißt wenn die Prozessor-Anordnung 1800, 2100
5 komplett eingefärbt wurde.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass die gesamte Prozessor-Anordnung 1800, 2100 mit diesem Verfahren immer komplett eingefärbt werden kann.

10

Fig.38 zeigt die Prozessor-Anordnung 2100 für den Fall, dass sie mit dem Gewicht $g = 4$ eingefärbt wurde und bei der der Durchsatz nach der Organisation dargestellt wurde. Wie man im Vergleich mit Fig.30, die mittels regulärer
15 Rückwärtsorganisation gebildet wurde, sieht, ist der Baum erheblich besser balanciert.

Allerdings bilden sich aufgrund der Konstruktion dieses Teil-Verfahrens innerhalb der gefärbten Bereiche Mäander-Wege
20 3801, so dass die Prozessoreinheiten nicht durch die kürzest mögliche Distanz mit dem Portalprozessor verbunden sind.

Daher wird in einem dritten Schritt vom Portalprozessor über alle Verbindungen eine MessDeleteChannels-Nachricht, wie oben
25 erläutert, geschickt, um die gebildeten Kanäle zu löschen. Direkt nach dieser Nachricht wird über alle Verbindungen eine MessColOrganize-Nachricht geschickt, die innerhalb der gefärbten Bereiche neue Kanäle bildet, welche dann kürzeste Verbindungen darstellen.

30

Das Teil-Verfahren terminiert, nachdem sich alle Prozessoreinheiten auf diese Weise organisiert haben. Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung der Prozesse entspricht dem maximalen Farbabstand eines Pixelprozessors
35 vom Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können auch in diesem Fall noch ein bis zwei Takte mehr benötigt werden.

Der erzeugte Routing-Baum hängt von dem Gewicht g , welcher als Parameter in der jeweiligen Mess-Token-Nachricht enthalten ist, ab.

5

Fig.39 zeigt die Prozessor-Anordnung 1800 für nach erfolgter Reorganisation mit Gewicht $g = 4$ und die entsprechenden Mäander-Wege 3901.

10

Das Gewicht g gibt an, um wie viel der Farbabstand einer Prozessoreinheit größer sein darf als der Abstands selbst. Je größer das Gewicht g ist, desto besser balanciert wird üblicherweise der entstehende Baum sein, aber desto länger sind üblicherweise auch die Pfade in diesem Baum. Zur

15

Erläuterung ist auf **Fig.41** hinzuweisen, in der die Prozessor-Anordnung 1800 nach erfolgter Bildung der Mäander-Wege mit dem Gewicht $g = 0$ und auf die **Fig.42**, in der die Prozessor-Anordnung 1800 nach erfolgter Bildung der Mäander-Wege mit dem Gewicht $g = \infty$ gezeigt sind.

20

Die beste Wahl des Gewichts hängt üblicherweise von den Transporteigenschaften der jeweiligen Verbindungen ab, das heißt davon, wie viele Nachrichten pro Zeittakt über eine Verbindung versendet werden können. Je kleiner diese Zahl ist, desto größer wird üblicherweise das beste Gewicht sein müssen.

25

Zuvor wurden zwei Verfahren zur Auswahl eines Routing-Baums beschrieben.

30

Wenn ein Routing-Baum ausgewählt wurde, das heißt wenn die entsprechenden Kanäle ausgewählt wurden, so kann ein optimales Routing für diesen Baum auf sehr einfache Weise ermittelt werden. Die Grundlagen hierzu wurden im Rahmen der Beschreibung der graphentheoretischen Grundlagen erläutert.

35

In einem ersten Schritt werden alle Pixelprozessoren, das heißt die Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung 1800, 2100, durchnummeriert.

- 5 Die Nummern werden anschließend beim Routing als Zieladressen verwendet. In einem zweiten Schritt werden die gesammelten lokalen Informationen von den jeweiligen Prozessoreinheiten dem Portalprozessor übermittelt. In dem Portalprozessor wird anschließend die Gesamt-Routingtabelle erstellt.

10

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden MessNumbering-Nachrichten zur Durchnummerierung aller Prozessoreinheiten in der Pixelanordnung 1800, 2100 verwendet. Voraussetzung ist, dass der Durchsatz der jeweiligen Prozessoreinheiten bereits
15 ermittelt wurde, beispielsweise gemäß dem oben beschriebenen Teil-Verfahren.

Das Teil-Verfahren der Nummerierung wird von dem Portalprozessor mittels Versendens von MessNumbering-Nachrichten 4301 über die Ausgangskanäle des
20 Portalprozessors, welche den Einleit-Prozessoreinheiten übermittelt werden, gestartet.

Wenn für die entsprechenden Nachbarprozessoreinheiten
25 Durchsätze d_1, d_2, d_3, \dots ermittelt wurden, so wird der jeweilige MessNumbering-Nachricht 4302 der Parameter 1, $1 + d_1, 1 + d_1 + d_2, \dots$ als Nachrichtenparameter mit übertragen.

30 Nach Empfang einer MessNumbering-Nachricht 4301 mit dem Parameter n über den jeweiligen Eingangskanal der Prozessoreinheit (vgl. Fig.43) werden von der die

MessNumbering-Nachricht 4301 empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeföhrt:

1. Die eigene Nummer der Prozessoreinheit wird auf den Wert
5 n , die dem Wert der empfangenen MessNumbering-Nachricht 4301 entspricht, gesetzt.
2. Über alle Ausgangskanäle der Prozessoreinheit wird je
10 eine von der Prozessoreinheit erzeugte zusätzliche MessNumbering-Nachricht 4302 erzeugt und mit den Parametern $n + 1$, $n + d_1 + 1$, $n + d_1 + d_2 + 1$, ... versendet, wobei d_1 , d_2 , ... die Durchsätze der entsprechenden Nachbar-Prozessoreinheiten sind.
- 15 Das Teil-Verfahren terminiert, wenn der letzte Prozessor durch die letzte Prozessoreinheit durchnummeriert worden ist. Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Teil-Verfahrens entspricht der maximalen Distanz einer
20 „Ersterben“ der letzten Nachrichtenkommunikation können auch bei diesem Teil-Verfahren noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

Die Fig.44 und Fig.45 zeigen die Pixelanordnungen 1800
25 (Fig.44) und 2100 (Fig.45) nach erfolgter Nummerierung der einzelnen Prozessoreinheiten innerhalb der jeweiligen Pixelanordnung.

Die Nummer einer Prozessoreinheit kann einfacherweise als
30 Adresse zum Routing von Daten oder auch Bildern verwendet werden, da jedem Ausgangskanal eine Prozessoreinheit ein eindeutiges Nummernintervall zugeordnet ist. Jede

Prozessoreinheit kann somit eine einfache Routing-Tabelle anlegen.

Im Beispiel von Fig.45 lautet beispielsweise die Tabelle für
5 die mit der Nummer 123 nummerierte Prozessoreinheit wie in
der Routing-Tabelle 4600 in Fig.46 dargestellt ist.

Die lokal erzeugten Informationen werden dem Portalprozessor
mittels MessCollectInfo-Nachrichten mitgeteilt, die die
10 folgenden Nachrichtenparameter enthalten:

- Die Position der jeweiligen Prozessoreinheit innerhalb
der jeweiligen Pixelanordnung, das heißt die Zeile und
die Spalte, in der sich die Prozessoreinheit befindet,
- die Pixelnummer,
- 15 • der Abstandswert, mit dem der Abstand der
Prozessoreinheit von dem Portalprozessor angegeben wird,
- der Farbabstand, und
- der Durchsatz der Prozessoreinheit.

20 Die MessCollectInfo-Nachrichten werden von den
Prozessoreinheiten jeweils gesendet, sobald die jeweilige
Prozessoreinheit durchnummeriert worden ist.

Mit diesen Informationen kann der Pixelprozessor zum einen
25 Pixel-Bilder auf das reale Pixelfeld abbilden (sampling) und
zum anderen diese Bilddaten mit Hilfe der Pixelnummern
routen.

Beim Versenden eines Gesamtbildes, das heißt beim Zuführen
30 der Daten an alle Prozessoreinheiten, werden dabei die
Nachrichten zuerst versendet, die den längsten Weg haben, wie
oben im Rahmen der Beschreibung der graphentheoretischen
Grundlagen erläutert.

35 Aus dieser Routing-Tabelle ergibt sich dann auch unmittelbar
die Routing-Dauer, mit der die Routing-Bäume bewertet werden.

Mit Hilfe der Pixelnummern und den vorab beschriebenen Routing-Tabellen kann ein Pixelbild beim weiteren Betrieb des Displays auf sehr einfache Weise versendet werden. Dazu
5 verschickt der Portalprozessor Nachrichten vom Typ MessRGB die mit folgenden Parametern versehen sind:

- Die Nummer des Pixels, welches adressiert wird, und
- die Farbinformation für dieses Pixel, beispielsweise Rot-Grün-Blau-Werte.

10 **Fig.47** zeigt ein Beispiel für eine Bilddarstellung auf der Pixelanordnung. Selbstverständlich ist die Darstellung unabhängig vom gewählten Routing-Baum.

15 Zuvor wurde die Auswahl und das Bewerten von Routing-Matrizen beschrieben, das heißt im Wesentlichen von Routing-Wegen. Das Bewertungskriterium ist dabei die Routing-Dauer gewesen. Da eine wirkliche kombinatorische Optimierung aufgrund der Komplexität üblicherweise nicht in kurzer Zeit durchführbar
20 ist, wurde oben eine Alternative vorgestellt.

Der frei wählbare Parameter ist das Gewicht g . Zur (Teil)-Optimierung der Routing-Dauer kann dieser Prozess vom Portalprozessor auch mehrfach mit unterschiedlichem Gewicht g
25 durchgeführt werden.

Üblicherweise wird man die Gewichte $g = 0, 1, 2, 3, \dots$ betrachten und untersuchen.

30 Diese haben sich bei numerischen Betrachtungen als vorteilhaft erwiesen. Dasjenige Routing, welches die kürzeste Routing-Dauer besitzt, kann anschließend endgültig verwendet werden.

35 Um den Prozess mehrfach durchführen zu können, verwendet der Portalprozessor die Nachricht MessRetry, die alle Kanäle, Farbregionen und Farbabstände löscht, wie in **Fig.48**

dargestellt ist. Zur Terminierung des Prozesses wird die MessRetry-Nachricht mit dem Parameter „stamp“ versehen, dessen Wert nicht identisch ist mit dem entsprechenden gespeicherten Parameter der Prozessoreinheit. Anders
5 ausgedrückt verwendet der Portalprozessor bei jedem erneuten Zurücksetzen einen anderen Parameter „stamp“.

Bei Empfang einer eingehenden MessRetry-Nachricht 4801 mit dem Parameter „stamp“ werden von dem jeweiligen die
10 MessRetry-Nachricht 4801 empfangenen Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls der eigene Stempelparameter identisch zu dem in der MessRetry-Nachricht enthaltenem Stempelparameter „stamp“ ist,
15 wird die Verarbeitung beendet.

2. Der eigene Stempelparameter wird auf den Wert des in der MessRetry-Nachricht enthaltenen Stempelparameterwerts „stamp“ gesetzt.
20

3. Alle Nummerierungen, Kanäle, Farbregionen, Farbabstände und Token-Blockierungen werden gelöscht.

4. Über alle Verbindungen mit Ausnahme der Verbindung zu der
25 die MessRetry-Nachricht sendenden Prozessoreinheit werden zusätzliche MessRetry-Nachrichten 4802 übertragen, wie in Fig.48 dargestellt ist.

Während des Betriebs der Pixel-Anordnung können durch
30 Abnutzung Fehler auftreten, die zum Zeitpunkt der oben beschriebenen Selbstorganisation noch nicht vorhanden waren. Zur Selbsterkennung dieser Fehler können weitere Nachrichten verwendet werden.

35 Nach den oben dargestellten Modellannahmen kann aus Sicht eines lokalen Prozessors ein Fehler nur darin bestehen, dass ein bislang verbundener Nachbar-Prozessor nicht mehr

erreichbar ist. Er kann hingegen nicht beurteilen, ob nur die Verbindung zu diesem Nachbar-Prozessor oder ob der Nachbarprozessor selber ausgefallen ist. Bei einem solchen Vorkommnis kann aber eine Fehlernachricht, im Weiteren als
5 MessError-Nachricht bezeichnet, an den Portalprozessor senden, die ihn selbst identifiziert, vorzugsweise unter Verwendung der eigenen Pixelnummer als Nachrichtenparameter und die zusätzlich die Nummer der neu ausgefallenen Verbindung enthält.

10

Eine mögliche Reaktion des Portalprozessors auf eine solche Nachricht ist ein globaler Reset der Pixelanordnung mit Hilfe einer MessReset-Nachricht.

15

Als Reaktion auf diese Nachricht leitet jeder Pixelprozessor diese Nachricht an alle Nachbar-Prozessoren weiter und löscht alle Daten, die bei der Organisation ermittelt wurden. Zur Terminierung dieses Prozesses sollte jeder Pixelprozessor eine gewisse Totzeit einhalten, vor deren Ende er nicht auf
20 weitere Nachrichten reagiert. Die Totzeit verhindert, dass die Verbreitung der MessReset-Nachricht unendlich oft wiederholt wird.

25

Zusammenfassend ist in Fig.51 eine Übersicht über die verwendeten Nachrichten, deren jeweiligen Parameter aufgeführt.

30

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass der Nachrichtenkatalog selbstverständlich funktional um beliebige zusätzliche Nachrichten erweiterbar ist.

35

Fig.49 zeigt ein zusätzliches Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die Prozessoreinheiten 4901 matrixförmig in einer ersten Hierarchieebene angeordnet sind und voll miteinander vermascht sind. Die Prozessoren 4901 der Pixel-Anordnung 4900 weisen in diesem Fall eine viereckige, vorzugsweise eine quadratische Form auf und sind steuernd und

101

lesend mit jeweils einer Gruppe von Pixeln, das heißt Bildpunkten oder Sensorelementen, gekoppelt.

5 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist jeder Prozessor zur Steuerung beziehungsweise zum Auslesen von 4*4 Pixeln 4902, welche jeweils zu einem Pixelblock 4903 gruppiert sind, gekoppelt.

10 Die einzelnen Pixelgruppenprozessoren sind wie oben dargestellt in einem orthogonalen Netz miteinander durch lokale Nächste-Nachbar-Verbindungen 4904 miteinander vernetzt.

15 Zwischen jeweils zwei Prozessoren 4901 können eine oder mehrere Verbindungen verlaufen, um beispielsweise eine bidirektionale Datenübertragung oder aber die separate Verteilung der Versorgungsspannungen zu ermöglichen. In der Schicht der Pixel 4902 sind wie oben erläutert, die einzelnen Pixelelemente enthalten, wobei jeder Pixelblock 4903 mittels
20 einer konventionellen Matrixansteuerung angesteuert werden, wie sie beispielsweise in Fig.50 dargestellt ist.

Die Matrixsteuerung 5000 in Fig.50 zeigt beispielhaft einen Pixelblock 5001 sowie eine Spaltenadressierungseinheit,
25 welche als Schieberegister 5002 ausgestaltet ist sowie eine Zeilen-Adressierungseinheit 5003, welche ebenfalls als Schieberegister ausgestaltet ist. Die Daten werden über eine Datenquelle 5004 dem Eingang des Schieberegisters 5001 der Spalten-Adressierungseinheit zugeführt sowie einer
30 Takterzeugungseinheit 5005, welche ausgangsseitig mit dem Eingang der Spalten-Adressierungseinheit 5003 gekoppelt ist.

Auf diese Weise wird der vertikale Verdrahtungsaufwand zwischen den beiden Ebenen, der Prozessorebene und der
35 Pixelebene gering gehalten, da nur eine serielle Datenübertragung über nur eine Leitung durchgeführt wird,

wobei auch die Taktsignale aus dem Datensignal selbst gewonnen werden.

- Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass mehr als zwei Ebenen vorhanden sein können, das heißt Gruppen von Pixelgruppenprozessoren können wiederum zu Gruppen zusammengefasst werden, so dass sich eine tiefere hierarchische Baumstruktur ergibt.
- Die Pixelgruppenprozessoren können wie in der Abbildung orthogonal miteinander vermascht sein, es sind aber auch andere Vermaschungen, insbesondere eine hexagonale Vermaschung wie oben erläutert ebenfalls möglich.
- Die Pixelgruppenprozessoren können ferner Ihre Nachrichten in beliebigen Formaten austauschen. Vorzugsweise tauschen sie jedoch Nachrichtenblöcke miteinander aus, die zum Beispiel Adresscodes enthalten können, mit Hilfe derer die in Datenpakete gefassten Bildinformationen anschließend von Prozessor zu Prozessor geführt werden können. Auf diese Weise können auch Defekte in der Matrix umgangen werden, was bei einer starren x/y-Adressierung über Zeilenleitungen und Spaltenleitungen nicht möglich ist.
- Je nach Leistungsfähigkeit der Pixelgruppenprozessoren können diese neben der Informationsübertragung und Informationsverteilung auch noch andere Aufgaben übernehmen, wie beispielsweise eine Kompression oder Dekompression von Bildinformation.
- Die Architektur kann auch für großflächige Sensorarrays, wie beispielsweise Fingerprint-Sensoren, Touchpads oder Schrifterkennungs-Sensoren verwendet werden.
- So kann zum Beispiel jeder Pixelgruppenprozessor darauf warten, bis ein Ereignis, das heißt eine Eingabe mit einem Stift etc. in einer Pixelgruppe auftritt und diese Daten dann

zum Rand der jeweiligen Matrix senden beziehungsweise routen.
Auf diese Weise kann vermieden werden, dass stets die gesamte
Sensorfläche von einer externen Adressierungseinheit
abgescannt werden muss. Anschaulich entspricht dies einer
5 lokalen Triggerung durch ein Ereignis an Stelle einer
globalen Bildauswertung.

Die Pixelgruppenprozessoren können beispielsweise mit Hilfe
einer Technik wie beispielsweise der Fluidic Self Assembly,
10 wie sie in den [3] beschrieben ist, in ein geeignetes
Trägersubstrat eingebracht werden, wie gemäß dem ersten
Ausführungsbeispiel beschrieben.

Die Verbindungen zwischen den Prozessoren sowie die Sensor
15 oder Displaymatrizen können dann in weiteren Prozessschritten
auf das Trägersubstrat mit den Prozessoren aufgebracht
werden.

Vorzugsweise können die oberen Funktionsschichten durch
20 druckbare Schaltungen realisiert werden, wie sie bei der
Polymerelektronik vorgesehen sind.

Es ist anzumerken, dass die oben beschriebenen Teil-Verfahren
alle unabhängig voneinander, d.h. selbständig durchgeführt
25 werden können. Sie benötigen jeweils nur die für das
jeweilige Teil-Verfahren erforderlichen
Eingangsinformationen. Es ist jedoch grundsätzlich
unerheblich, auf welche Weise die erforderlichen
Eingangsinformationen ermittelt worden sind. Dennoch ist auf
30 die erheblichen Vorteile im Rahmen der Verzahnung und
gemeinsamen Durchführung mehrerer oder aller Teil-Verfahren
hinzuweisen, da in diesem Fall das erfindungsgemäße oben
beschriebene Konzept durchgängig implementiert ist.

In diesem Dokument sind folgende Veröffentlichungen zitiert:

- 5 [1] T.J. Nelson und J.R. Wullert, Electronic Information
Display Technologies, World Scientific, Kapitel 8.2,
1997
- [2] K. Amundson, Microencapsulated Electrophoretic Materials
for Electronic Paper Displays, International Display
Research Conference, 2000
- 10 [3] J.S. Smith, High-Density, low parasitic direct
Integration by Fluidic Self-Assembly (FSA), IEDM,
S. 201 - 204, 2000

Bezugszeichenliste

100	Pixel-Anordnung
101	Substrat
102	Vertiefung
103	Prozessoreinheit
300	Bildanzeigendes System
301	Quelle
302	Anzeigeeinheits-Portal
303	Pixel-Anordnung
401	Bidirektionale Kommunikationsschnittstellen
402	Elektrische Leitung
501	Bidirektionale Kommunikationsschnittstellen
502	Elektrische Leitung
600	Erste Ausrichtung
601	Zweite Ausrichtung
603	Dritte Ausrichtung
604	Vierte Ausrichtung
605	Fünfte Ausrichtung
606	Sechste Ausrichtung
700	Gerichteter Graph
701	Ungerichteter Graph
800	Gerichteter Baum
900	Ungerichteter Graph
901	Gerichteter Pixel-Anordnungs-Graph
902	Portal-Knoten
903	Knoten
904	Zuleitung
905	Kante

1000 Zulässiger Baum

1001 Portal-Knoten

1100 Baum

1201 Nachricht

1202 Portal-Knoten

1203 Einleit-Pixelprozessoren

1204 Erste innere Knoten

1401 Erster Pixelprozessor

1402 Zweiter Pixelprozessor

1403 Bidirektionale Kommunikationsschnittstelle erster
Pixelprozessor

1404 Bidirektionale Kommunikationsschnittstelle zweiter
Pixelprozessor

1405 Zuleitung

1406 Erste Nachricht

1407 Zweite Nachricht

1500 Prozessoreinheit

1501 MessKoherenz-Nachricht

1601 MessKoherenz-Nachricht

1602 MessKoherenz-Nachricht

1603 MessKoherenz-Nachricht

1604 MessKoherenz-Nachricht

1605 MessKoherenz-Nachricht

1606 MessKoherenz-Nachricht

1701 MessPosition-Nachricht

1702 MessPosition-Nachricht

1703 MessPosition-Nachricht

1704 MessPosition-Nachricht

1705 MessPosition-Nachricht

1706 MessPosition-Nachricht

1800 Prozessor-Anordnung

1801 Pixelprozessor

1901 MessDistance-Nachricht

1902 MessDistance-Nachricht

1903 MessDistance-Nachricht

1904 MessDistance-Nachricht

1905 MessDistance-Nachricht

1906 MessDistance-Nachricht

2001 Prozessoreinheit

2002 Unterste Zeile Prozessor-Anordnung

2003 Südwest-Seite Prozessoreinheit

2100 Prozessor-Anordnung

2101 Unterste Zeile Prozessor-Anordnung

2102 Prozessoreinheiten, welche nicht mit dem Portalprozessor
gekoppelt sind

2103 Prozessoreinheiten, welche mit dem Portalprozessor
gekoppelt sind

2201 MessOrganize-Nachricht

2202 MessOrganize-Nachricht

2203 MessOrganize-Nachricht

2204 MessOrganize-Nachricht

2205 MessOrganize-Nachricht

2206 MessOrganize-Nachricht

2600 Horizontalriss

2700 Horizontalriss

2801 Eingehende MessCountNodes-Nachricht

2802 Gesendete MessCountNodes-Nachricht

2901 Erste eingehende MessNodesSize-Nachricht

2902 Zweite eingehende MessNodesSize-Nachricht

2903 Gesendete MessNodesSize-Nachricht

3201 MessColDistance-Nachricht

3202 MessColDistance-Nachricht

3203 MessColDistance-Nachricht

3204 MessColDistance-Nachricht

3205 MessColDistance-Nachricht

3206 MessColDistance-Nachricht

3301 Empfangene MessBlockToken-Nachricht

3302 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3401 Eingehende MessToken-Nachricht

3402 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3403 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3404 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3405 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3406 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3601 Eingehende MessDeleteChannels-Nachricht

3602 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht

3603 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht

3604 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht

3605 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht

3606 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht

3701 Eingehende MessColOrganize-Nachricht

3702 Gesendete MessColOrganize-Nachricht

3703 Gesendete MessColOrganize-Nachricht

3704 Gesendete MessColOrganize-Nachricht

3705 Gesendete MessColOrganize-Nachricht

3706 Gesendete MessColOrganize-Nachricht

3801 Mäander-Weg

3901 Mäander-Weg

4301 Eingehende MessNumbering-Nachricht

4302 Gesendete MessNumbering-Nachricht

4600 Routing-Tabelle

4801 Eingehende MessRetry-Nachricht

4802 Gesendete MessRetry-Nachricht

4900 Pixel-Anordnung

4901 Prozessoreinheit

4902 Pixel

4903 Pixelblock

5000 Matrixsteuerung

5001 Pixelblock

5002 Schieberegister

5003 Zeilen-Adressierungseinheit

5004 Datenquelle

5005 Takterzeugungseinheit

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von
5 Prozessoreinheiten zu mindestens einer Referenzposition in
einer Prozessor-Anordnung mit einer Vielzahl von
Prozessoreinheiten, wobei jede Prozessoreinheit über eine
bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens
einer benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt ist und wobei
10 Nachrichten ausgetauscht werden zwischen einander
benachbarten Prozessoreinheiten,
- bei dem eine erste Nachricht von einer ersten
Prozessoreinheit erzeugt wird, wobei die erste Nachricht
eine erste Abstandsinformation enthält, welche den
15 Abstand der ersten Prozessoreinheit oder den Abstand
einer die erste Nachricht empfangenden zweiten
Prozessoreinheit von der Referenzposition enthält,
 - bei dem die erste Nachricht von der ersten
Prozessoreinheit zu der zweiten Prozessoreinheit
20 gesendet wird,
 - bei dem abhängig von der Abstandsinformation der Abstand
der zweiten Prozessoreinheit von der Referenzposition
ermittelt oder gespeichert wird, und
 - bei dem von der zweiten Prozessoreinheit eine zweite
25 Nachricht erzeugt wird, welche eine zweite
Abstandsinformation enthält, welche den Abstand der
zweiten Prozessoreinheit oder den Abstand einer die
zweite Nachricht empfangenden dritten Prozessoreinheit
von der Referenzposition enthält,
 - 30 • bei dem die zweite Nachricht von der zweiten
Prozessoreinheit zu der dritten Prozessoreinheit
gesendet wird,
 - bei dem abhängig von der zweiten Abstandsinformation der
Abstand der dritten Prozessoreinheit von der
35 Referenzposition ermittelt oder gespeichert wird,

- bei dem die Verfahrensschritte für alle Prozessoreinheiten in der Pixel-Anordnung durchgeführt werden.

5 2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem jede Prozessoreinheit mit mindestens einem Pixel gekoppelt ist, so dass das Pixel von der jeweiligen ihm zugeordneten Prozessoreinheit steuerbar ist.

10 3. Verfahren nach Anspruch 2,
bei dem zumindest ein Teil der Pixel jeweils als ein Sensor ausgestaltet ist.

15 4. Verfahren nach Anspruch 2,
bei dem zumindest ein Teil der Pixel jeweils als ein bildgebendes Element ausgestaltet ist.

20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
• bei dem die Prozessoreinheiten jeweils in einem hexagonalen Bereich angeordnet sind, und
• bei dem jede Prozessoreinheit jeweils sechs benachbarte Prozessoreinheiten aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit der Prozessoreinheit gekoppelt sind.

25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei dem die Pixel eine hexagonale Form aufweisen.

30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
• bei dem die Prozessoreinheiten jeweils in einem rechteckigen Bereich angeordnet sind, und
• bei dem jede Prozessoreinheit jeweils vier benachbarte Prozessoreinheiten aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit der
35 Prozessoreinheit gekoppelt sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 7,

bei dem die Pixel eine rechteckige Form aufweisen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
bei dem vor Bestimmen des Abstandes der Pixelprozessoren von
5 der Referenzposition die örtlichen Positionen der
Prozessoreinheiten innerhalb der Prozessor-Anordnung
ermittelt werden, indem ausgehend von einer Proessoreinheit
an einer Einleitstelle der Prozessor-Anordnung jeweils
Positionsermittlungs-Nachrichten, welche zumindest einen
10 Zeilenparameter z und einen Spaltenparameter s aufweisen,
welche die Zeilennummer bzw. Spaltennummer der die Nachricht
sendenden Proessoreinheit oder die Zeilennummer bzw.
Spaltennummer der die Nachricht empfangenden Proessoreinheit
innerhalb der Prozessor-Anordnung enthält, an benachbarte
15 Proessoreinheiten übermittelt werden und von der jeweiligen
Proessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt werden:
- falls der Zeilenparameter in der empfangenen Nachricht
größer ist als die bisher gespeicherte Zeilennummer der
Proessoreinheit, so wird der eigenen Zeilennummer der
20 Proessoreinheit der Zeilenparameterwert z der
empfangenen Nachricht zugeordnet,
 - falls der Spaltenparameter in der empfangenen Nachricht
größer ist als die eigene Spaltennummer der
Proessoreinheit, so wird der gespeicherten
25 Spaltennummer der Zeilenparameterwert der empfangenen
Nachricht zugeordnet,
 - falls die eigene Zeilennummer und/oder die eigene
Spaltennummer aufgrund der oben dargestellten
Verfahrensschritte verändert worden sind, so werden neue
30 Positionsmess-Nachrichten mit neuen Zeilenparametern und
neuen Spaltenparametern erzeugt, welche jeweils die
Zeilennummer und Spaltennummer der die Nachricht
sendenden Proessoreinheit oder die Zeilennummer und
Spaltennummer der die Nachricht empfangenden
35 Proessoreinheit enthält, und diese werden über die
bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen an eine
jeweilige Nachbar-Proessoreinheit übertragen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

- bei dem in einem iterativen Verfahren der eigene Abstandswert der Prozessoreinheit dann verändert wird, wenn der bisher gespeicherte Abstandswert größer ist als der um einen vorgegebenen Wert erhöhte empfangene Abstandswert in der jeweils empfangenen Nachricht, und
- bei dem für den Fall, dass eine Prozessoreinheit den eigenen Abstandswert verändert, diese eine Abstandsmess-Nachricht erzeugt und über alle Kommunikationsschnittstellen an benachbarte Prozessoreinheiten sendet, wobei die Abstandsmess-Nachricht jeweils den eigenen Abstand als Abstandsinformation enthält oder den Abstandswert, den die empfangene Prozessoreinheit von dem Portalprozessor aufweist,

11. Verfahren nach Anspruch 10,

bei dem der Abstandswert einen um einen vorgegebenen Wert erhöhten Wert gegenüber dem eigenen Abstandswert

12. Prozessor-Anordnung mit einer Vielzahl von Prozessoreinheiten,

- wobei jede Prozessoreinheit über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle mit mindestens einer benachbarten Prozessoreinheit gekoppelt ist und wobei zum Ermitteln des jeweiligen Abstands einer Prozessoreinheit der Prozessor-Anordnung von einer Referenzposition Nachrichten ausgetauscht werden zwischen einander benachbarten Prozessoreinheiten,
- wobei jede Nachricht eine Abstandsinformation enthält, welche den Abstand einer die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder den Abstand einer die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit von der Referenzposition angibt, und
- wobei jede Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass aus der Abstandsinformation einer empfangenen

Nachricht der eigene Abstand zu der Referenzposition
ermittelbar ist oder speicherbar ist.

1/28

FIG 1

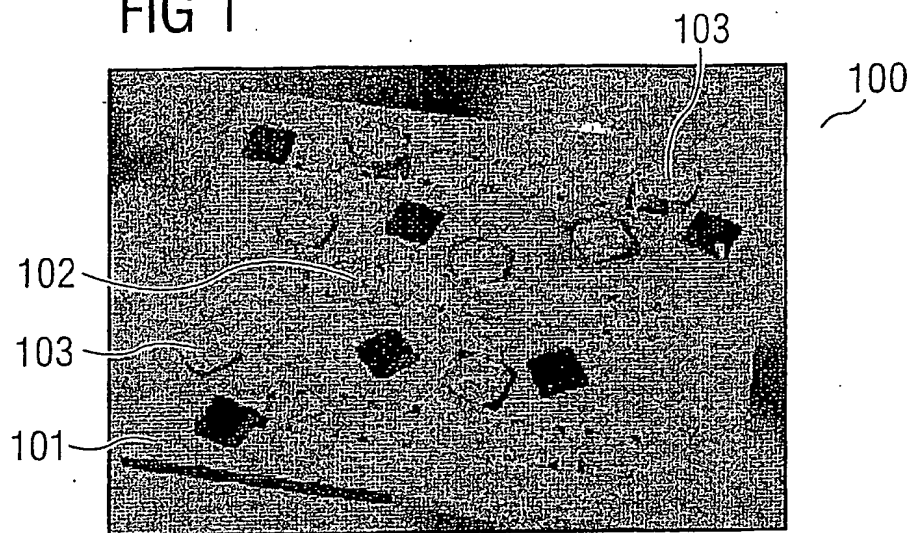


FIG 2A

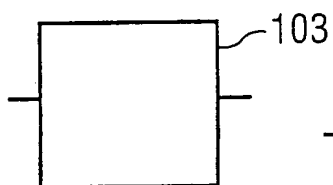


FIG 2B

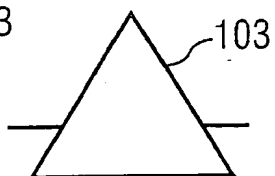


FIG 2C

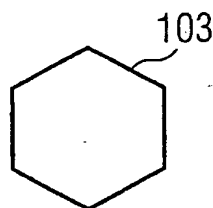


FIG 2D

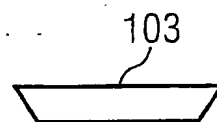
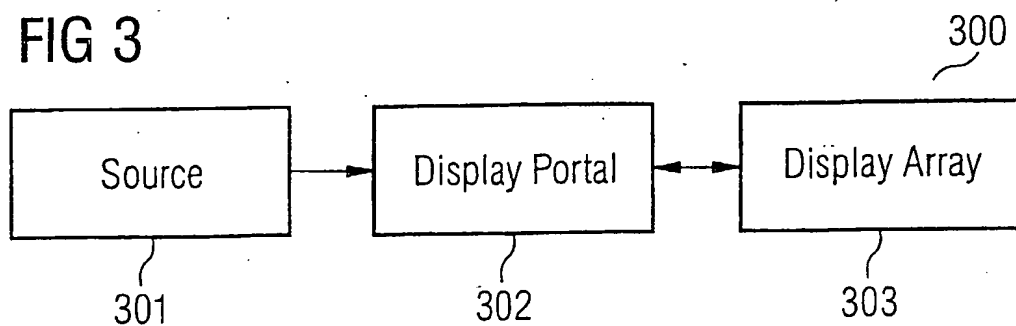


FIG 3



2/28

FIG 4

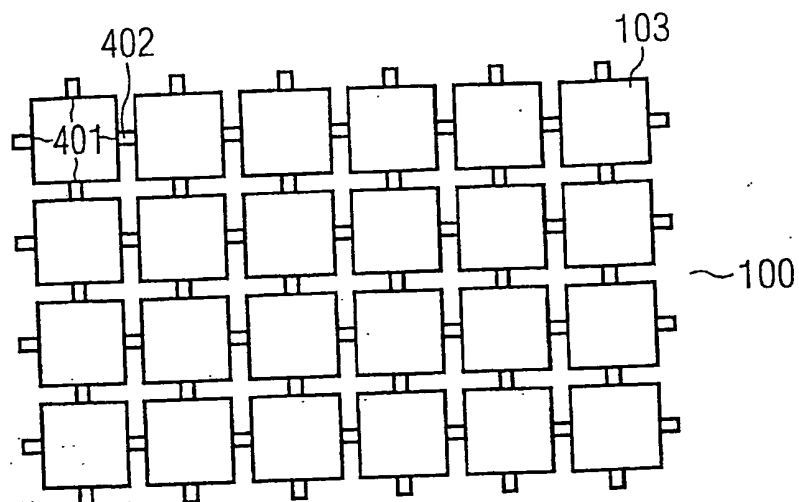


FIG 5

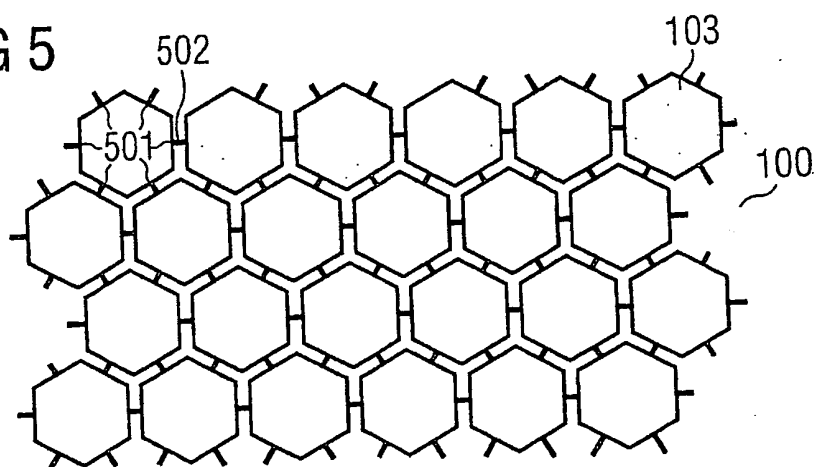
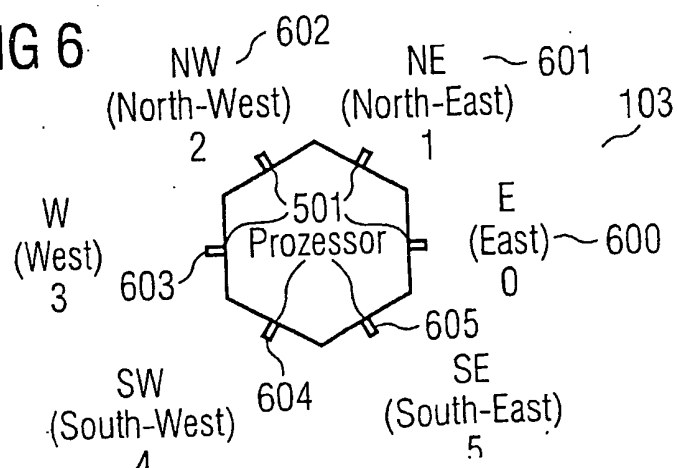


FIG 6



3/28

FIG 7A

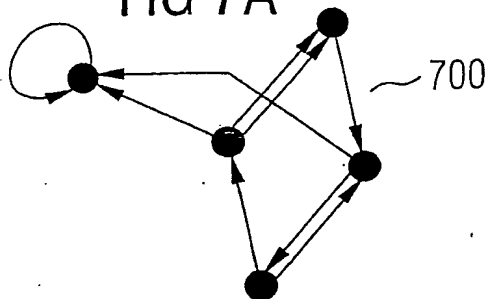


FIG 7B

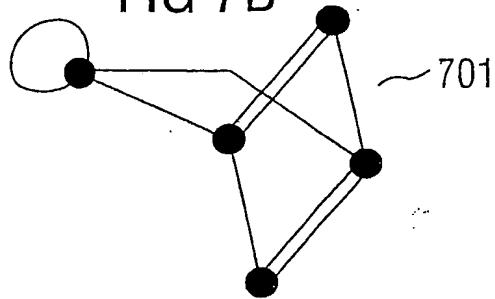


FIG 8

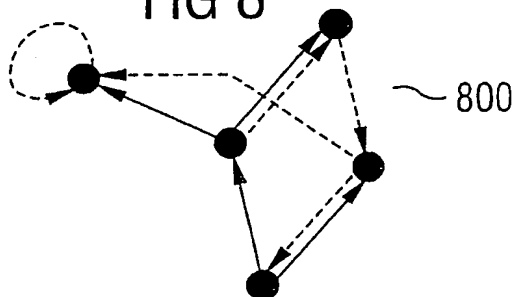


FIG 9A

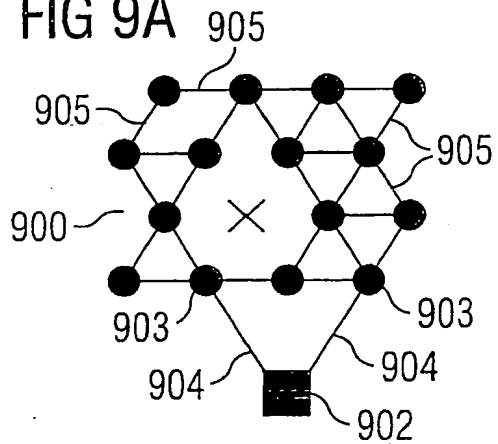


FIG 9B

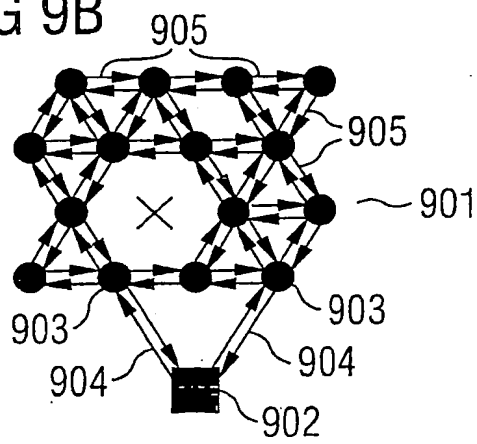


FIG 10

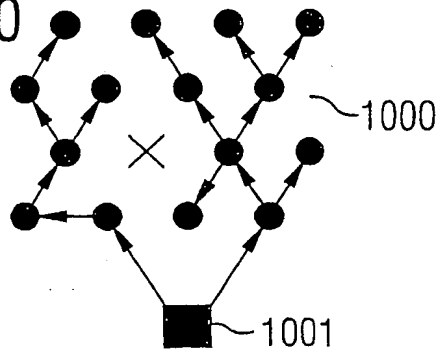
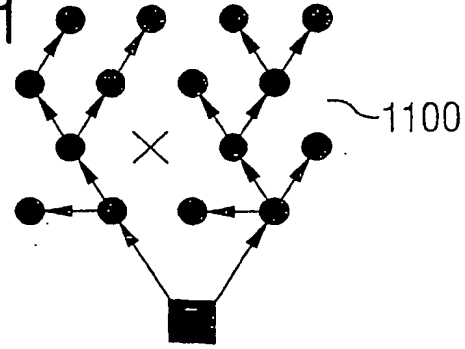


FIG 11



4/28

FIG 12A

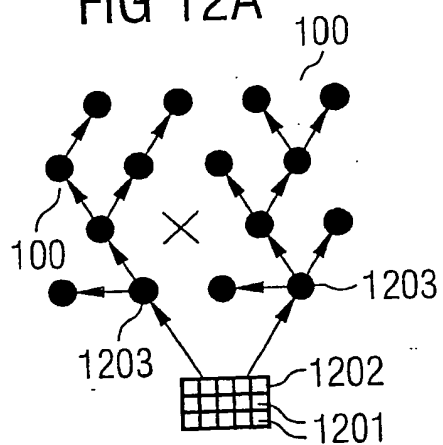


FIG 12B

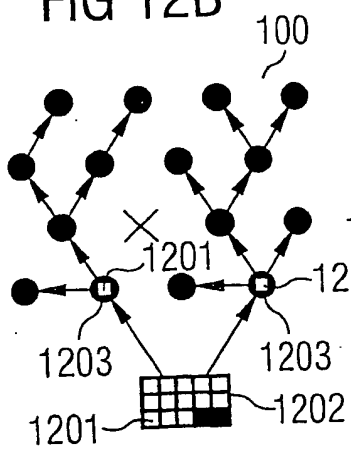


FIG 12C

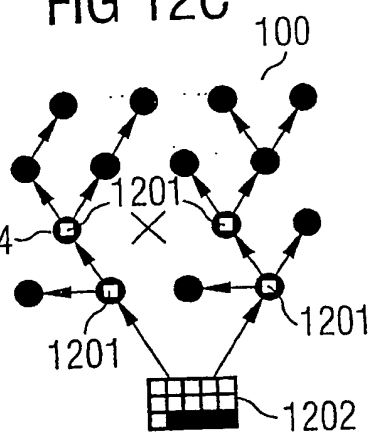


FIG 12D

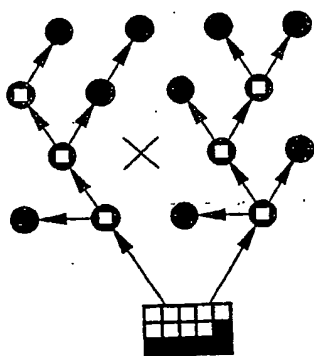


FIG 12E

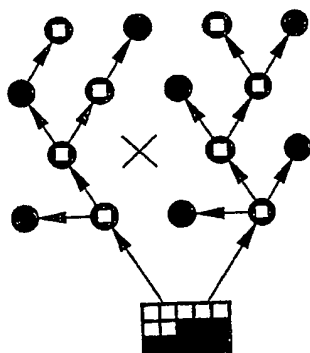


FIG 12F

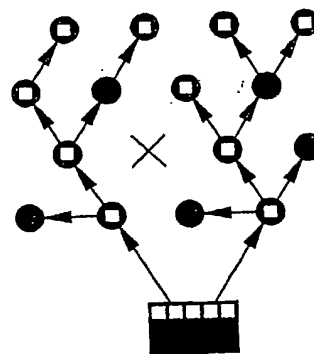


FIG 12G

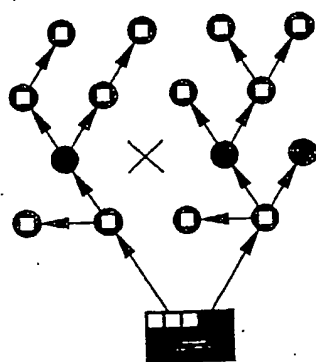


FIG 12H

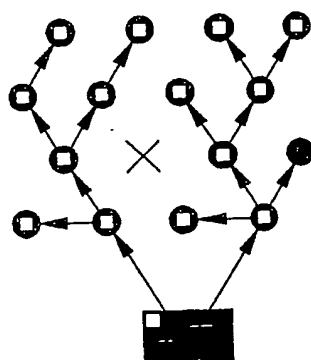
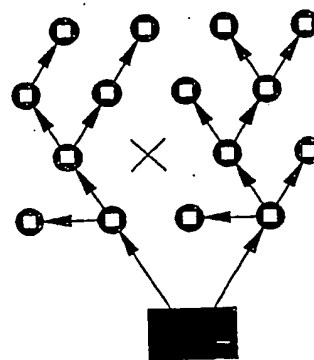


FIG 12J



5/28

FIG 13A

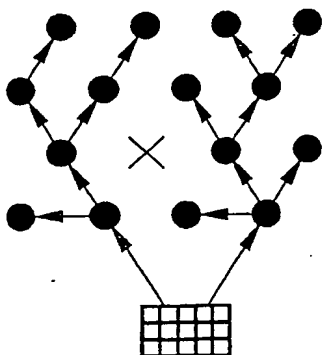


FIG 13B

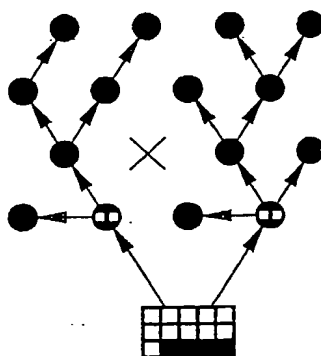


FIG 13C

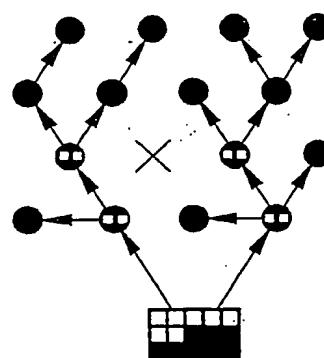


FIG 13D

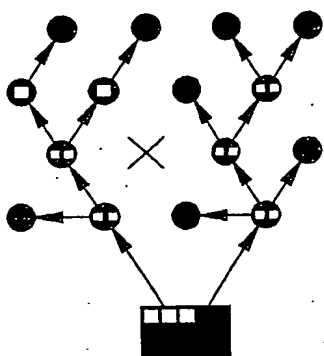


FIG 13E

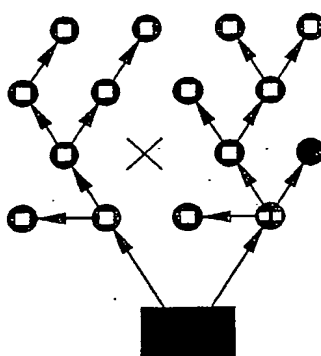


FIG 13F

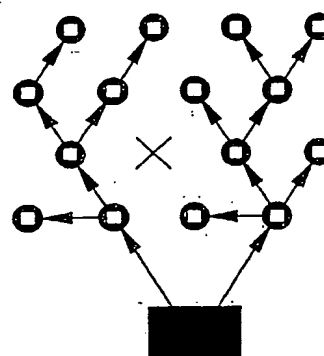
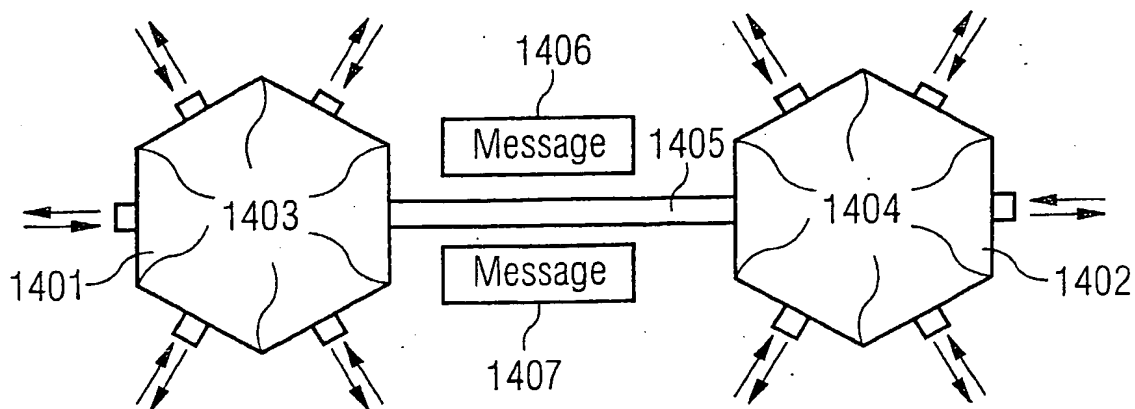


FIG 14



6/28

FIG 15

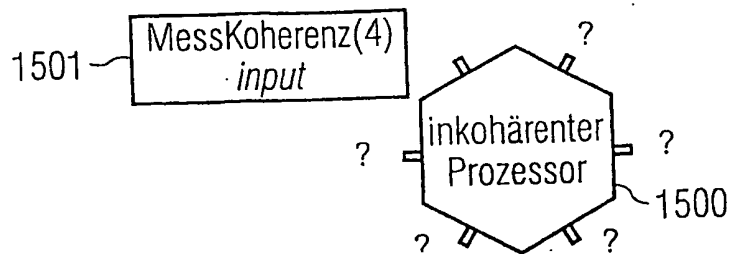


FIG 16

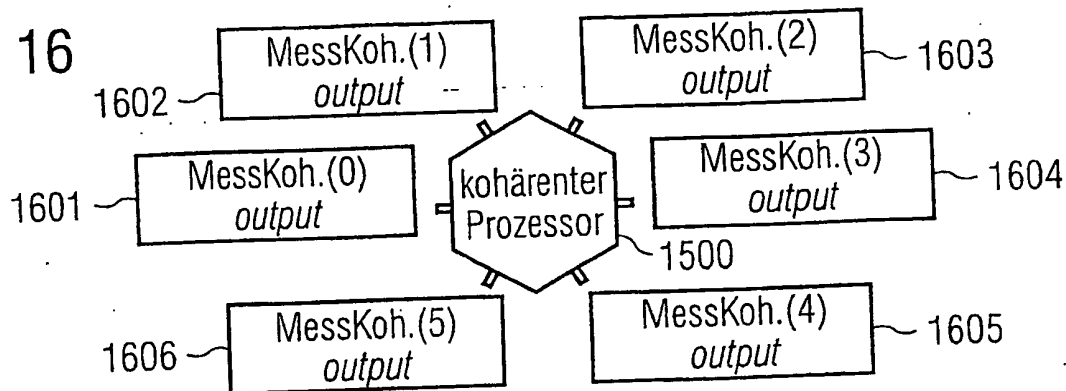


FIG 17

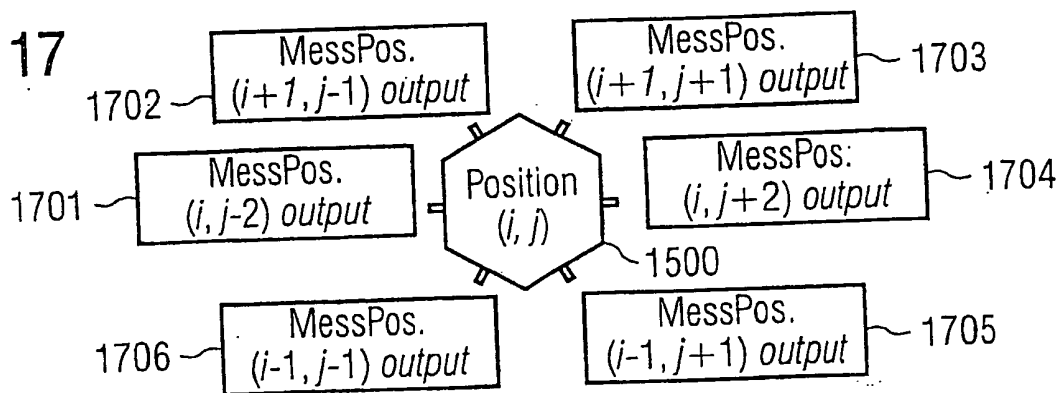
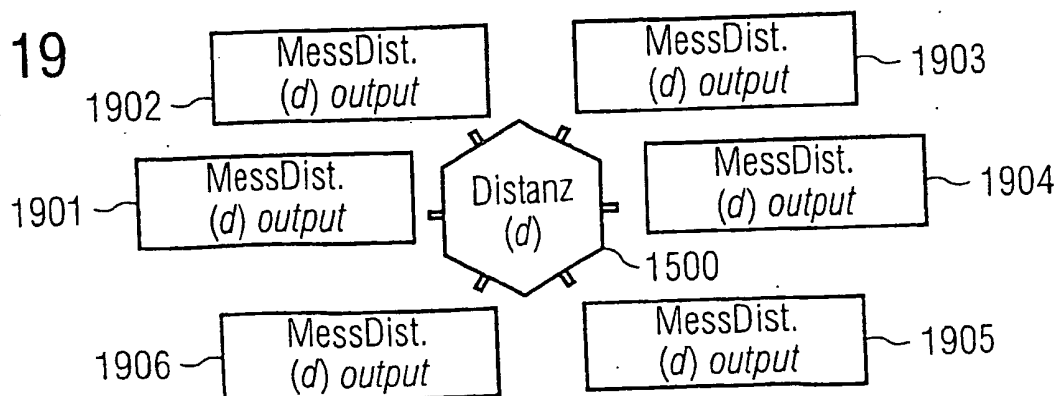
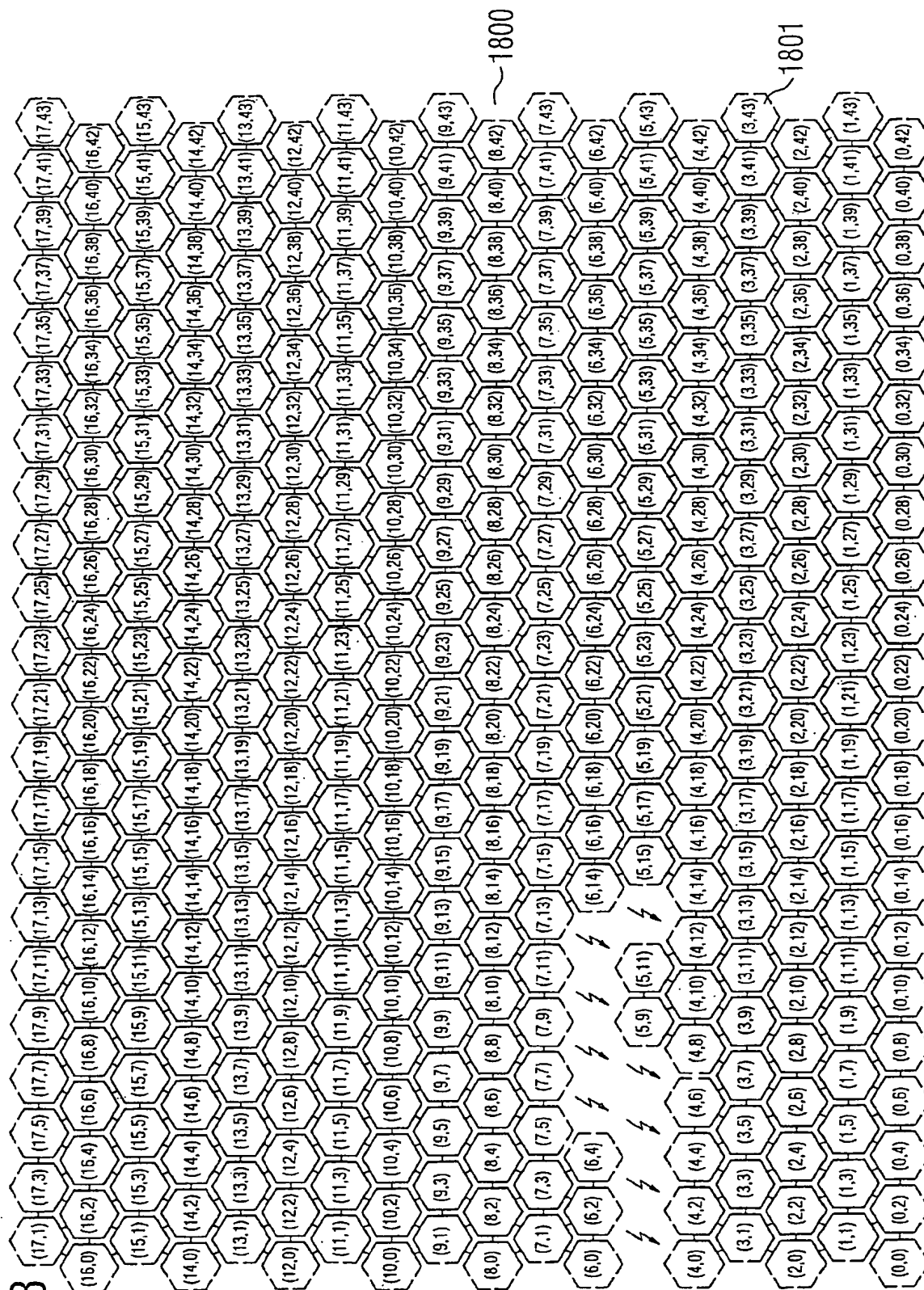


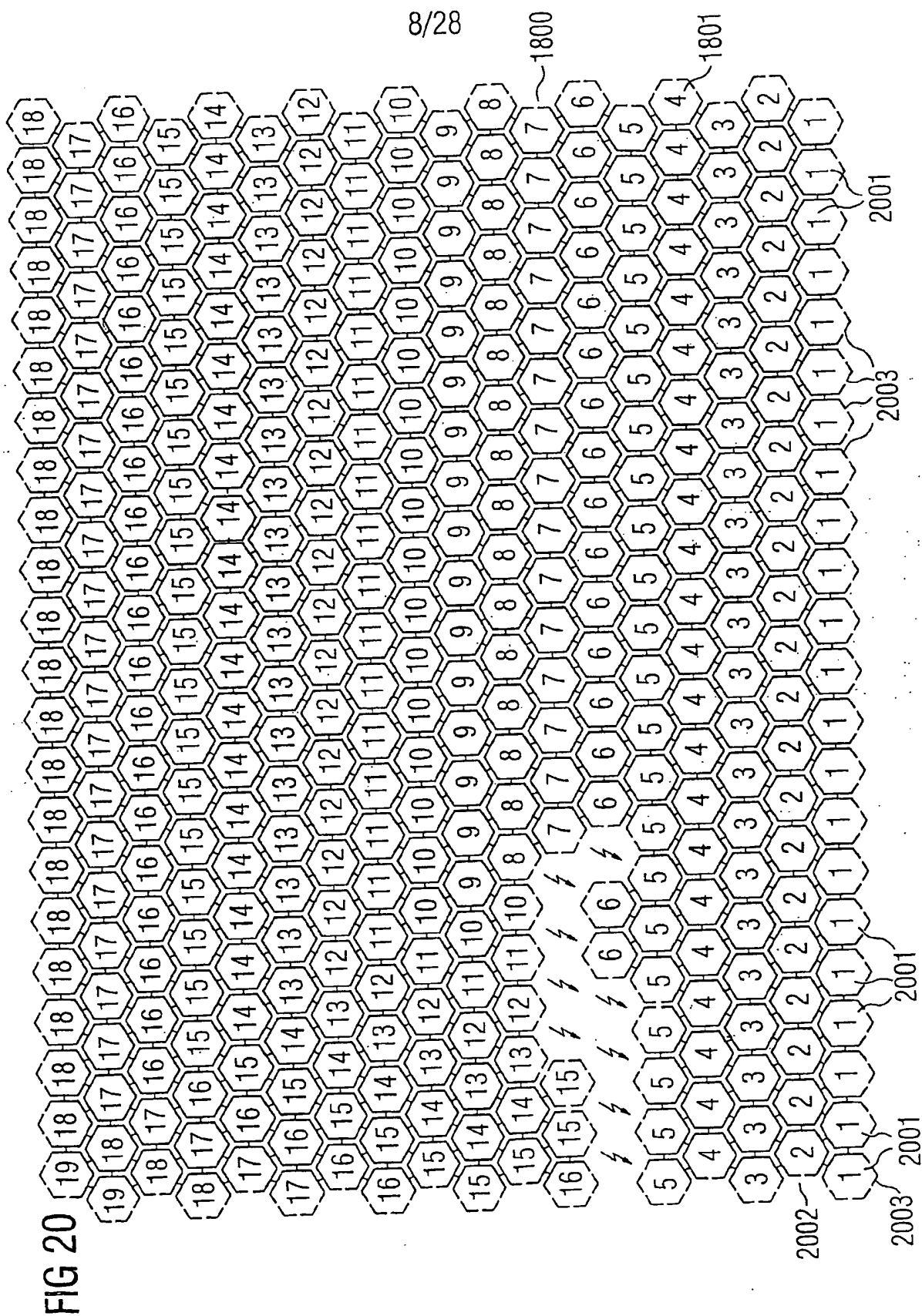
FIG 19



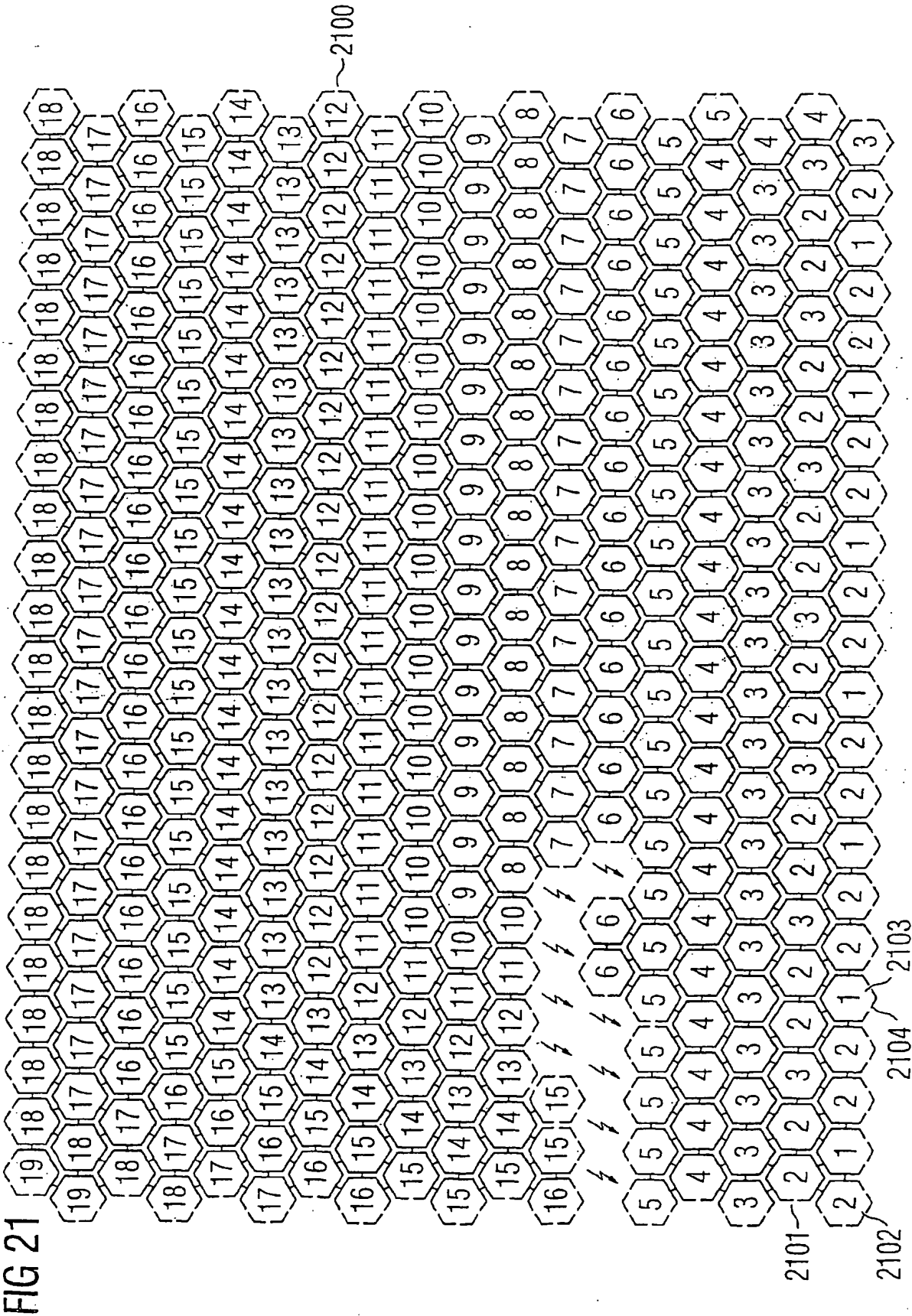
7/28

FIG 18





9/28



10/28

FIG 22

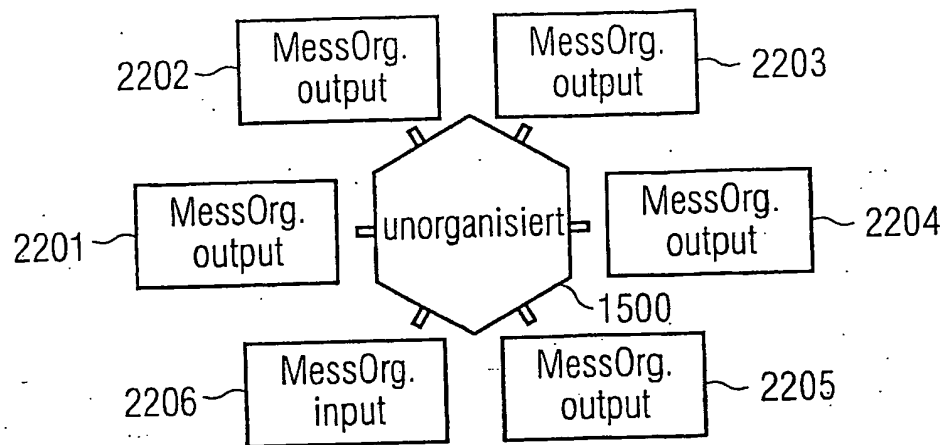


FIG 23

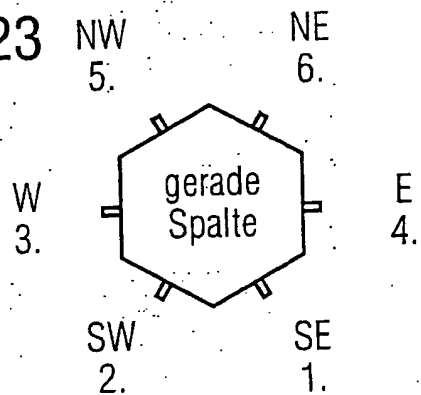


FIG 24

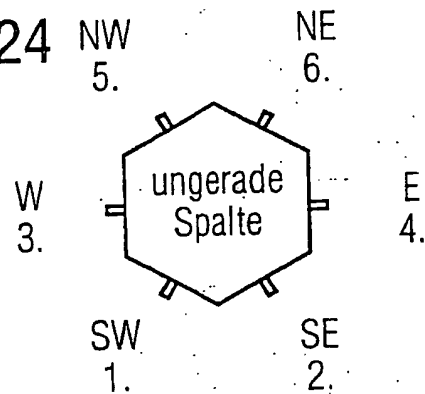


FIG 25

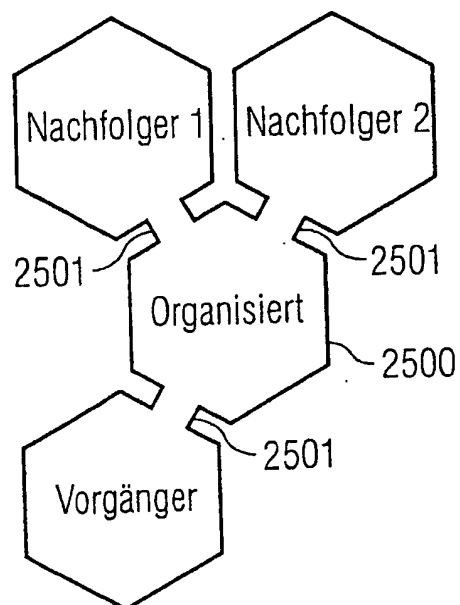
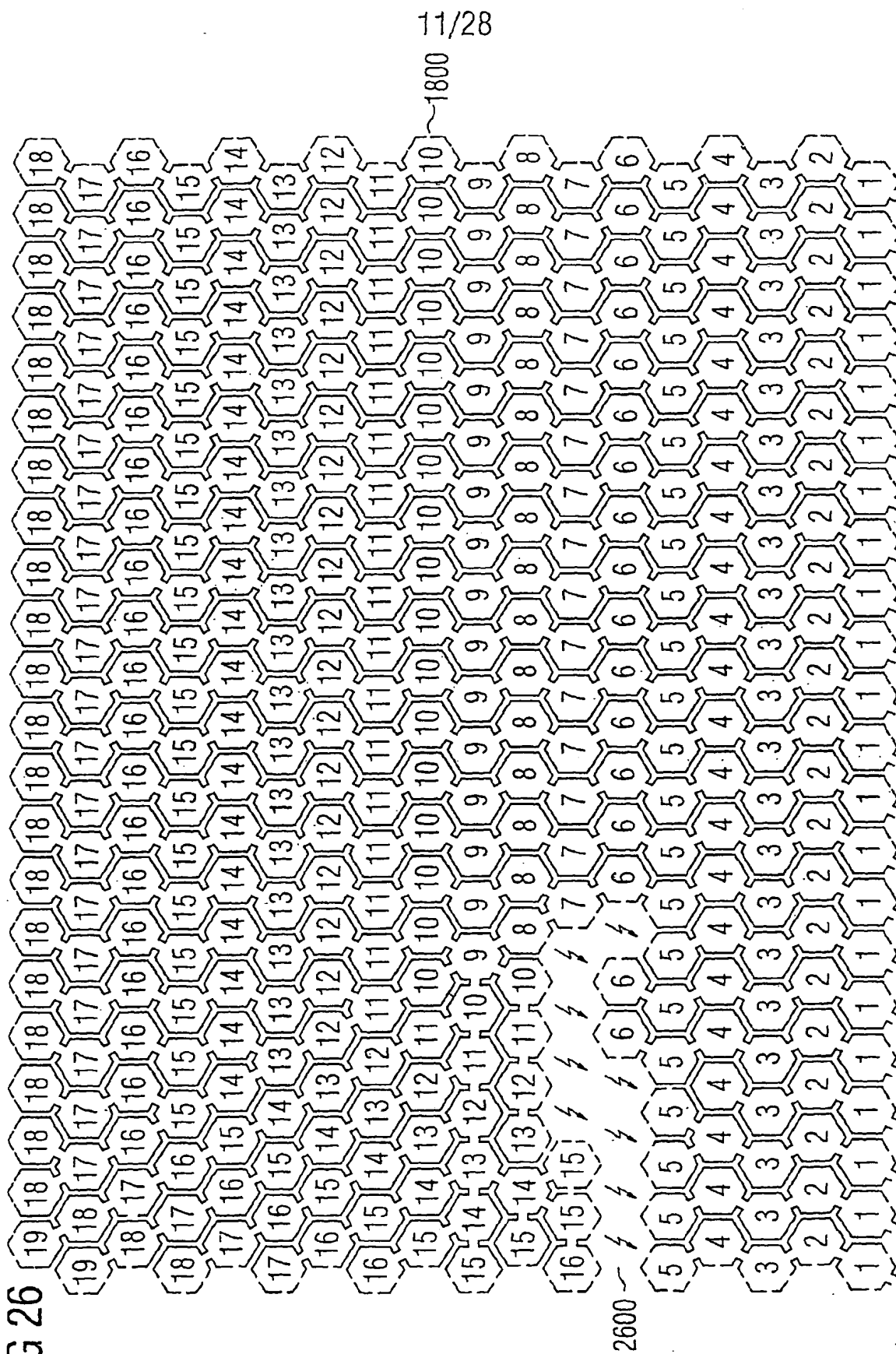


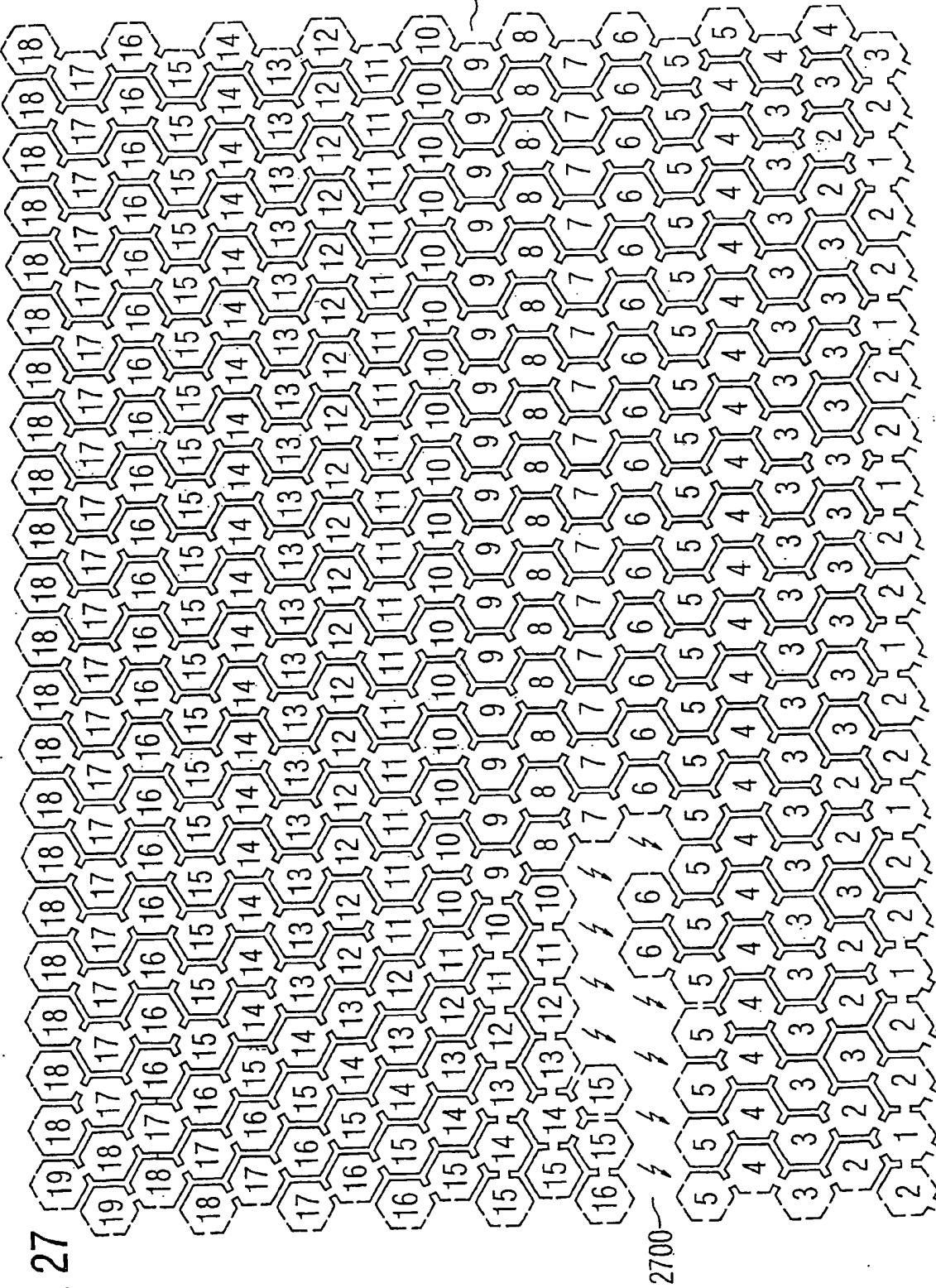
FIG 26



12/28

~2100

FIG 27



13/28

FIG 28

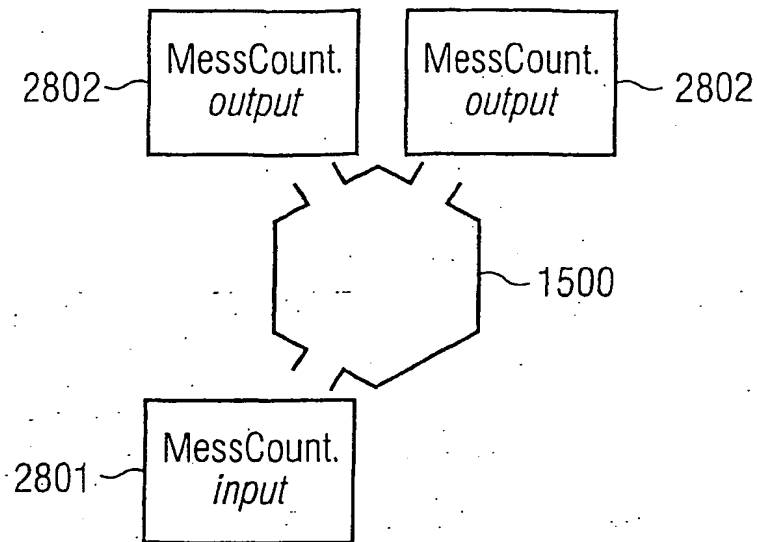
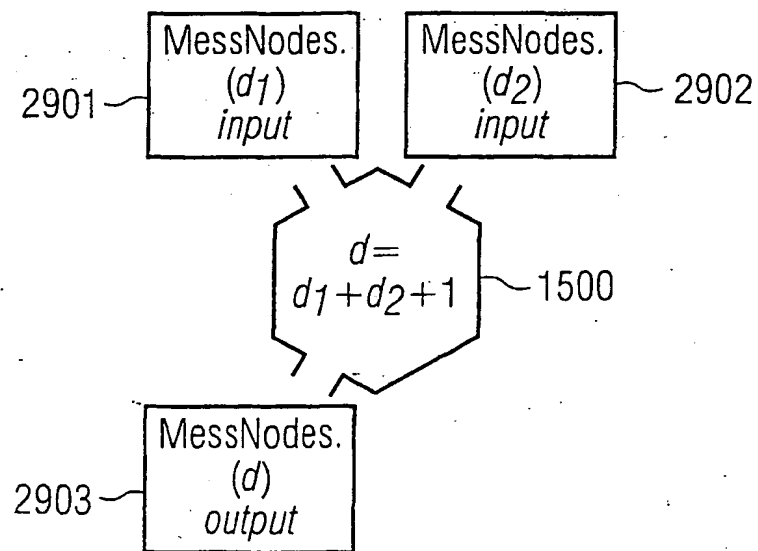


FIG 29



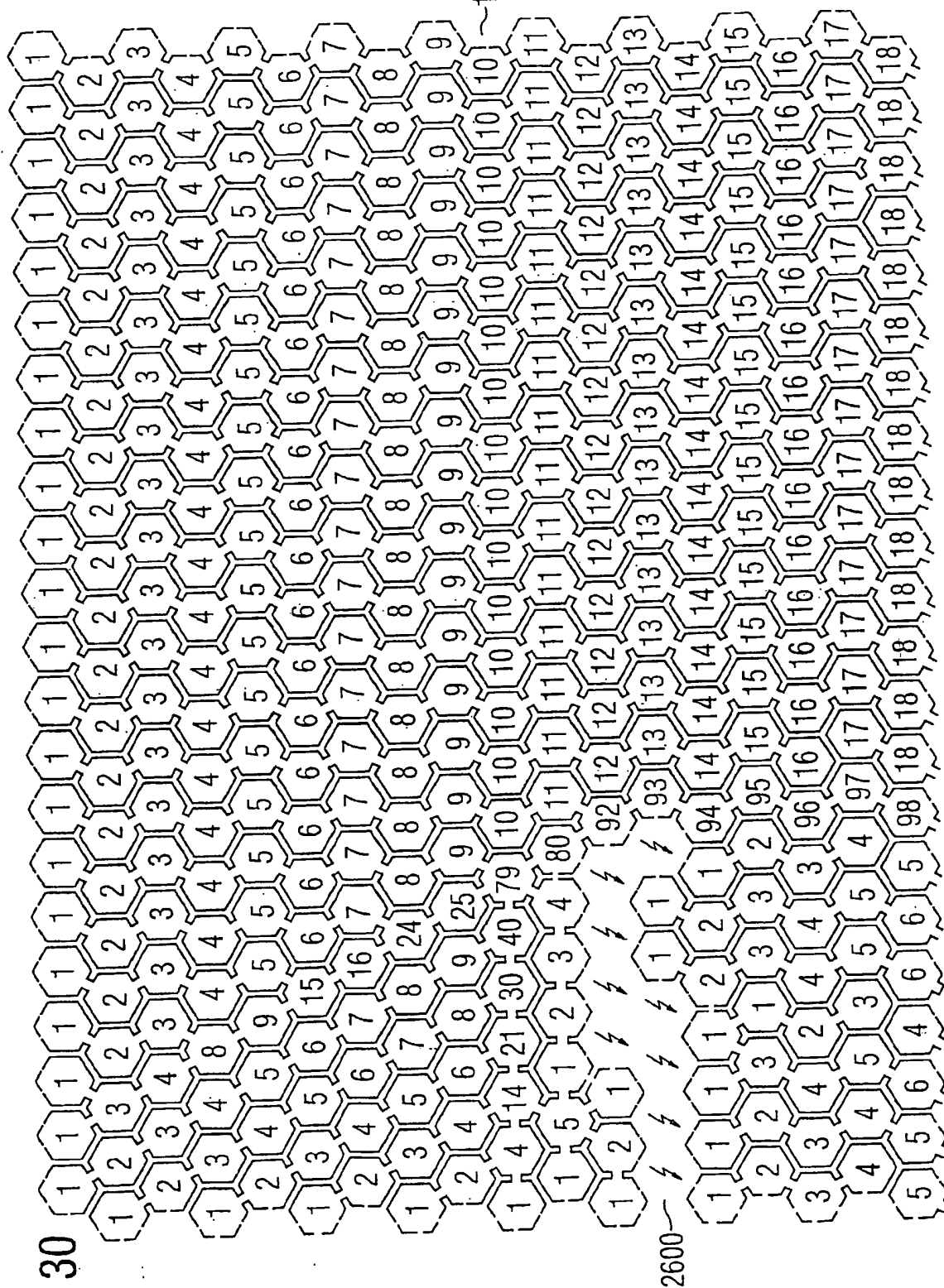
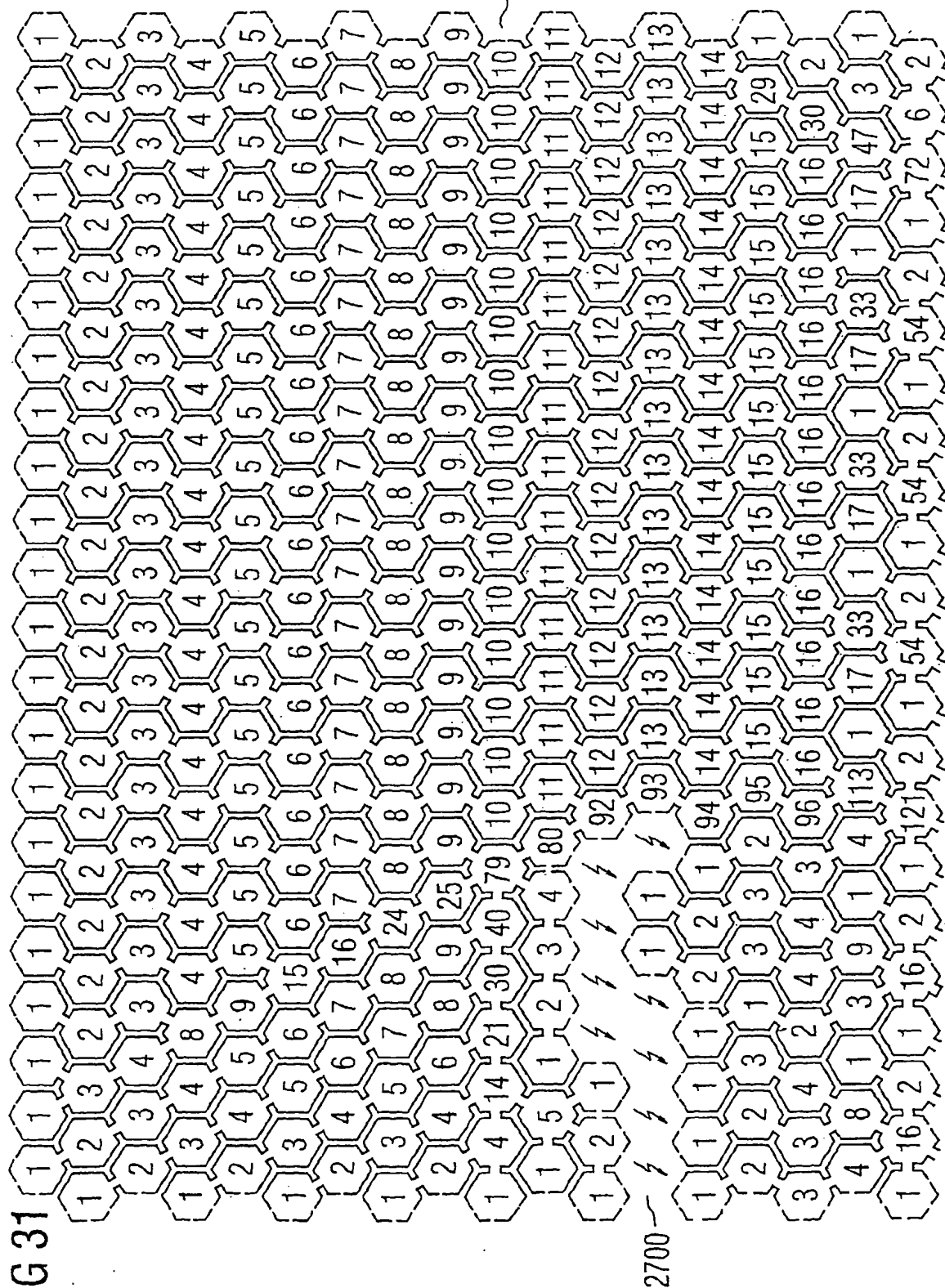


FIG 30

15/28

2100

FIG 31



2700-

16/28

FIG 32

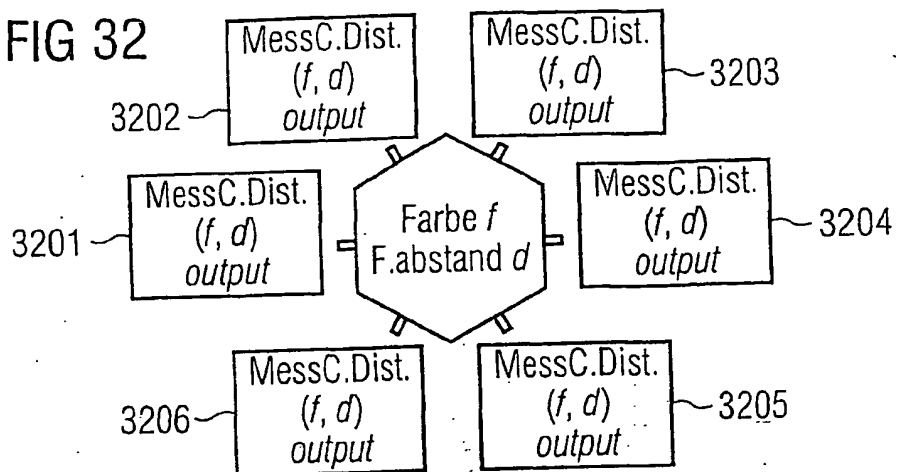


FIG 33

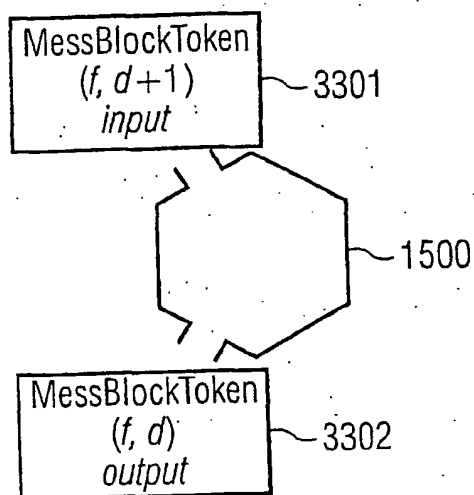


FIG 34

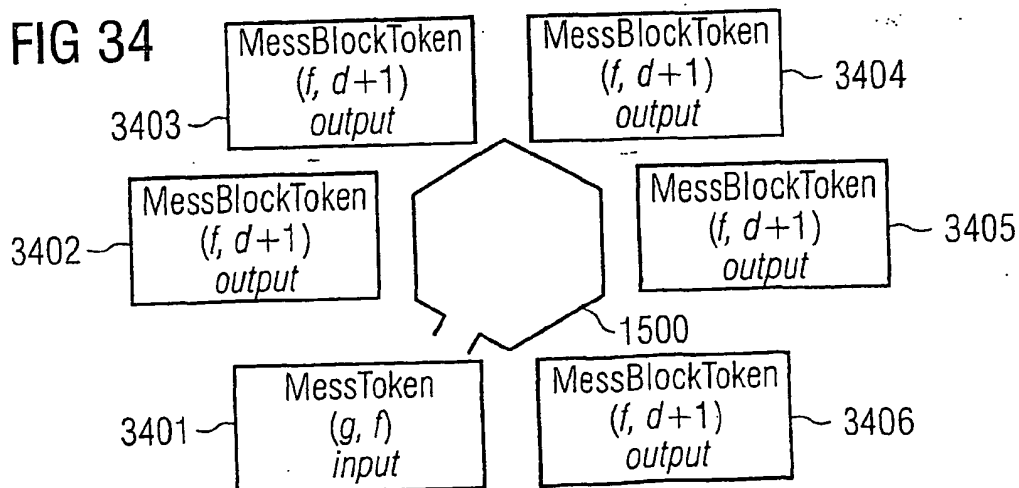


FIG 36

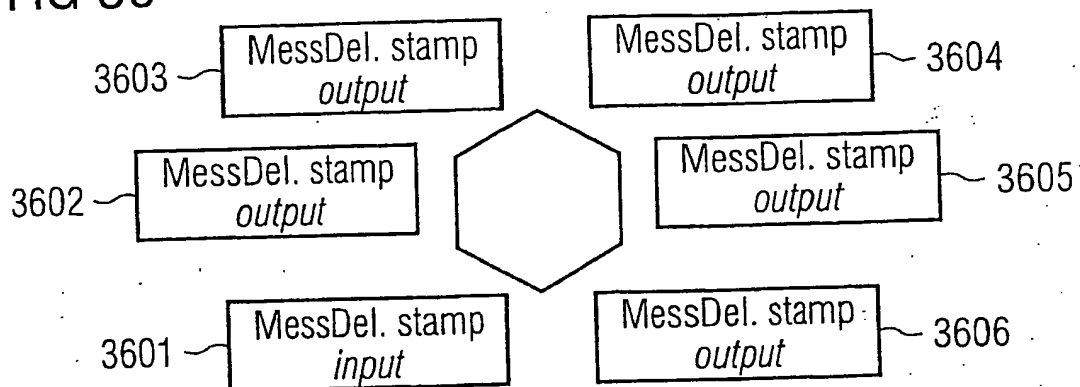


FIG 37

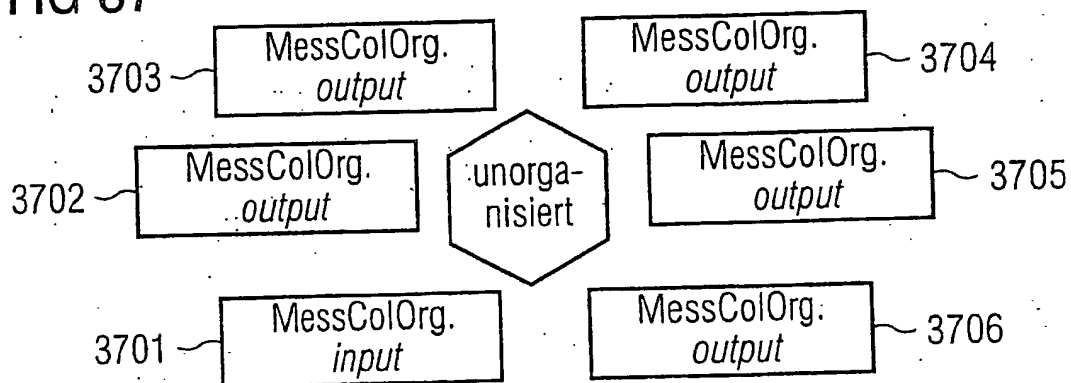
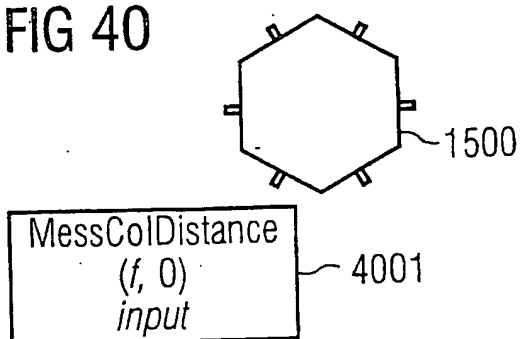
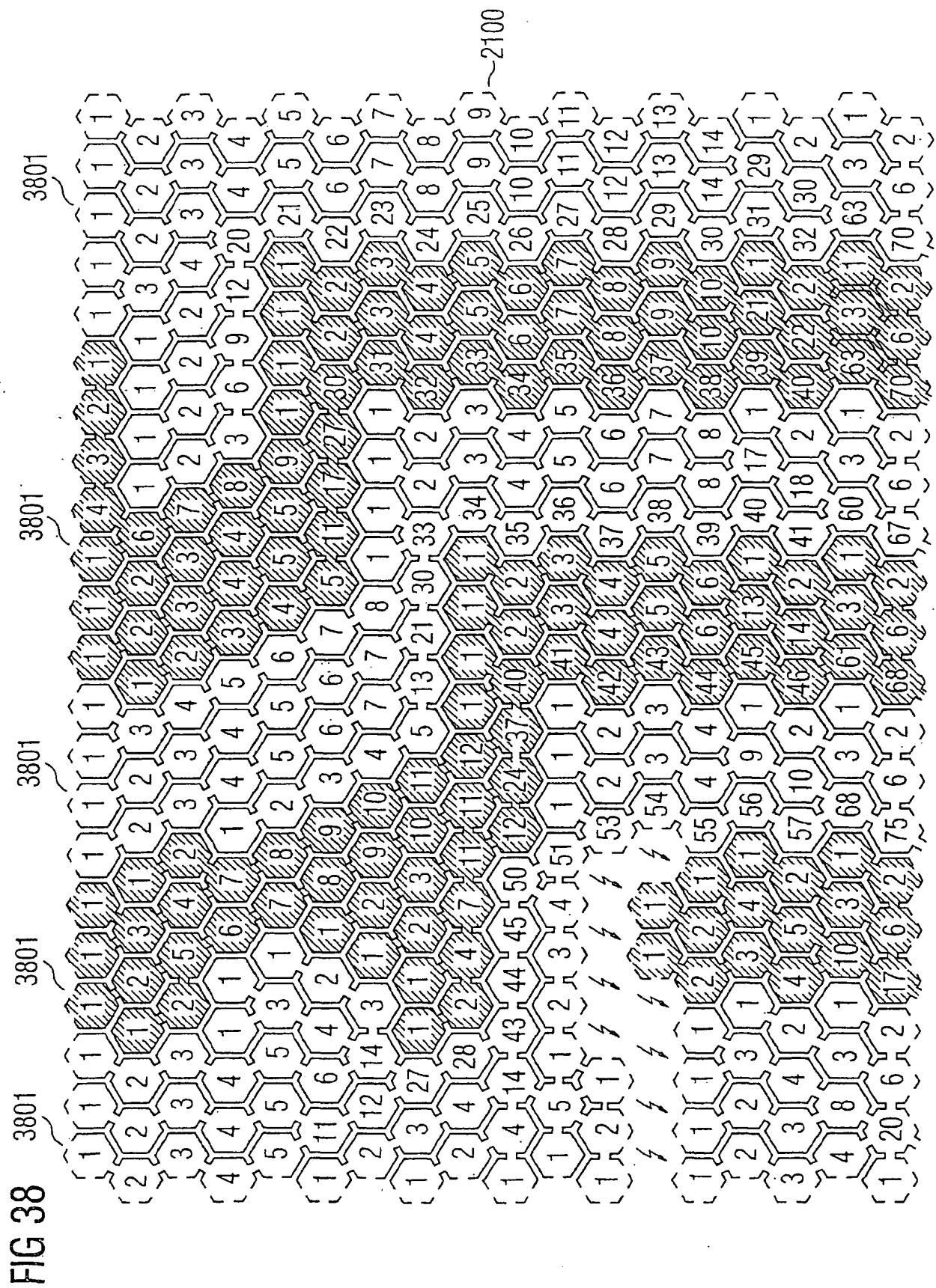


FIG 40





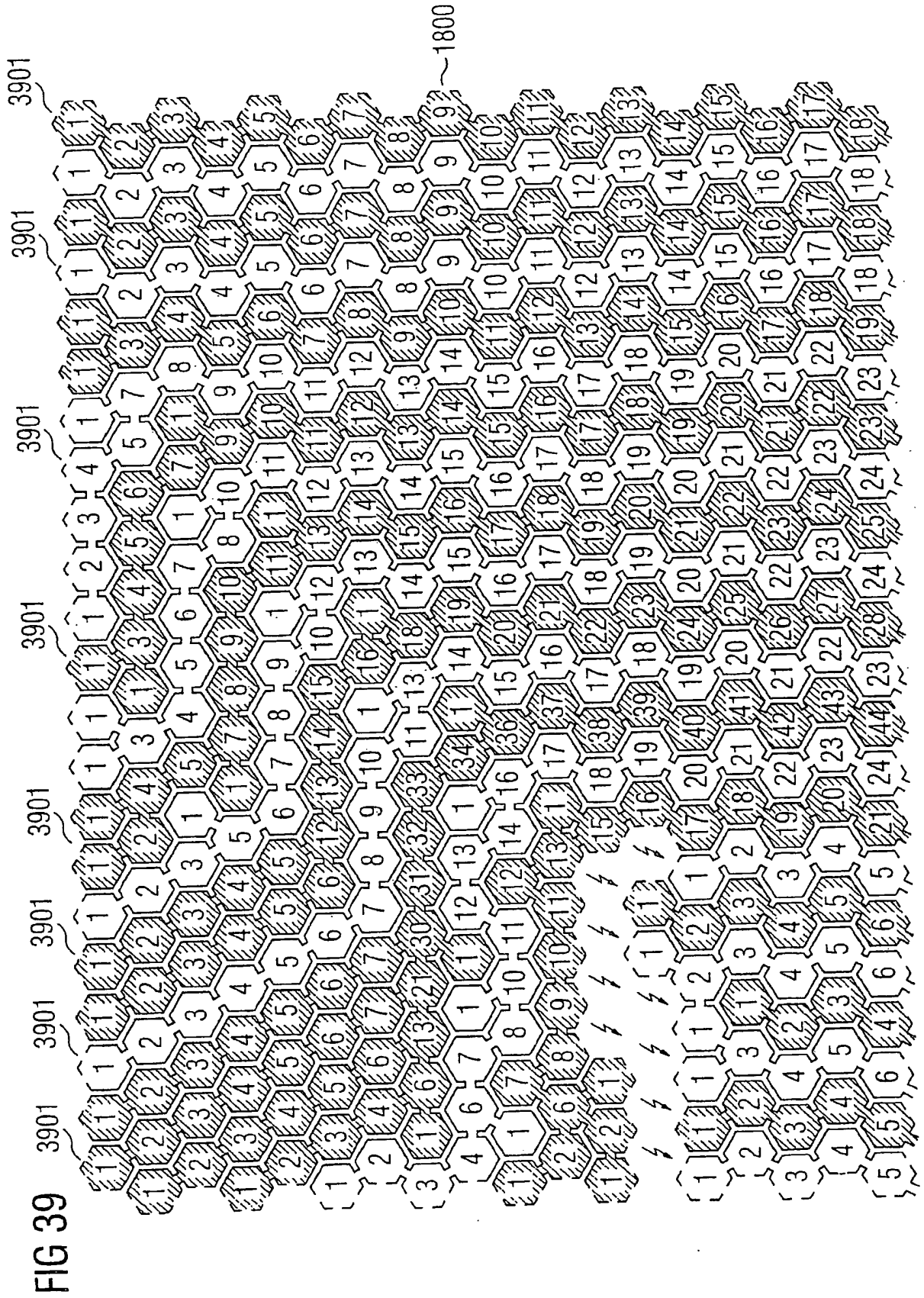
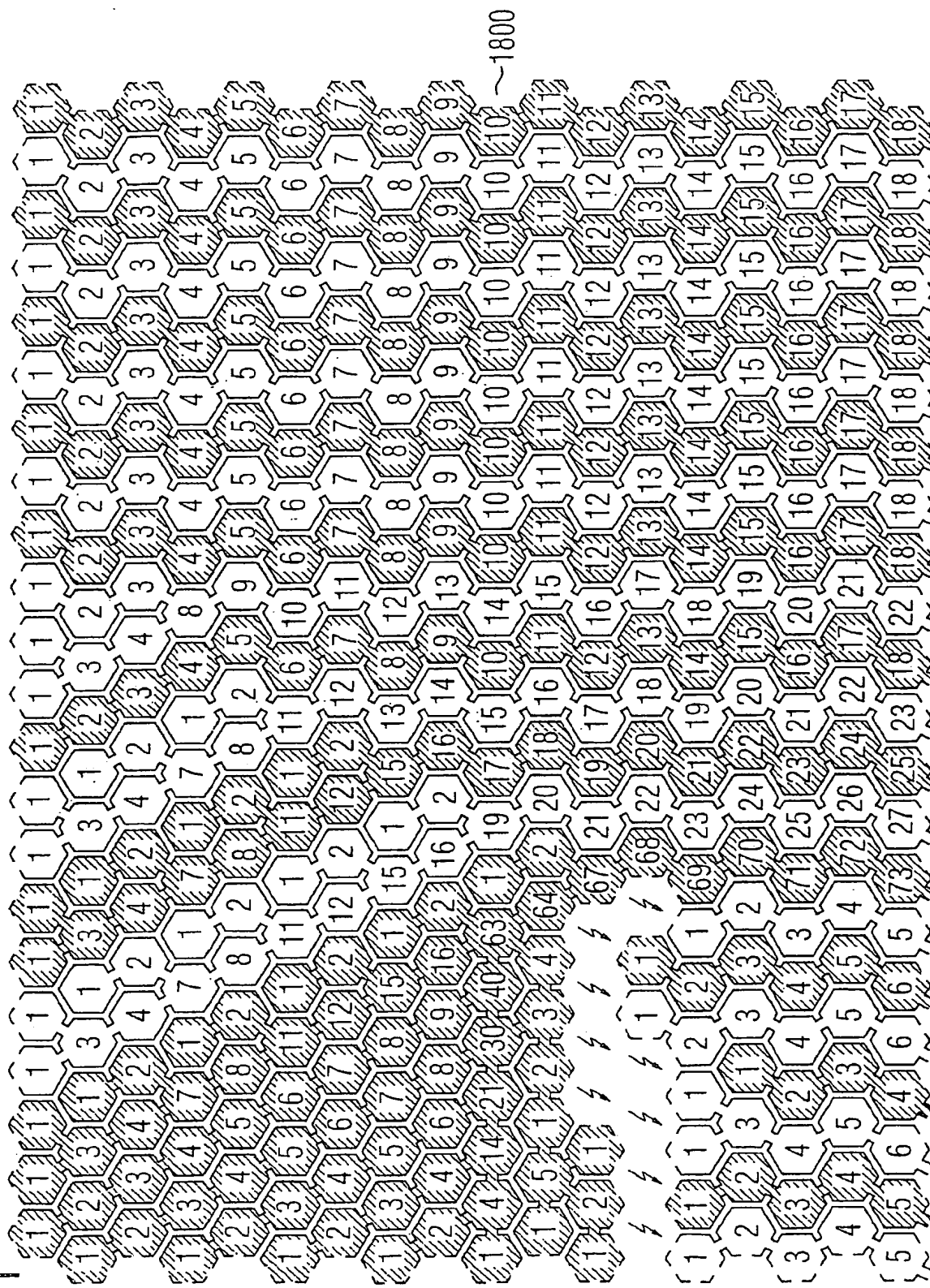
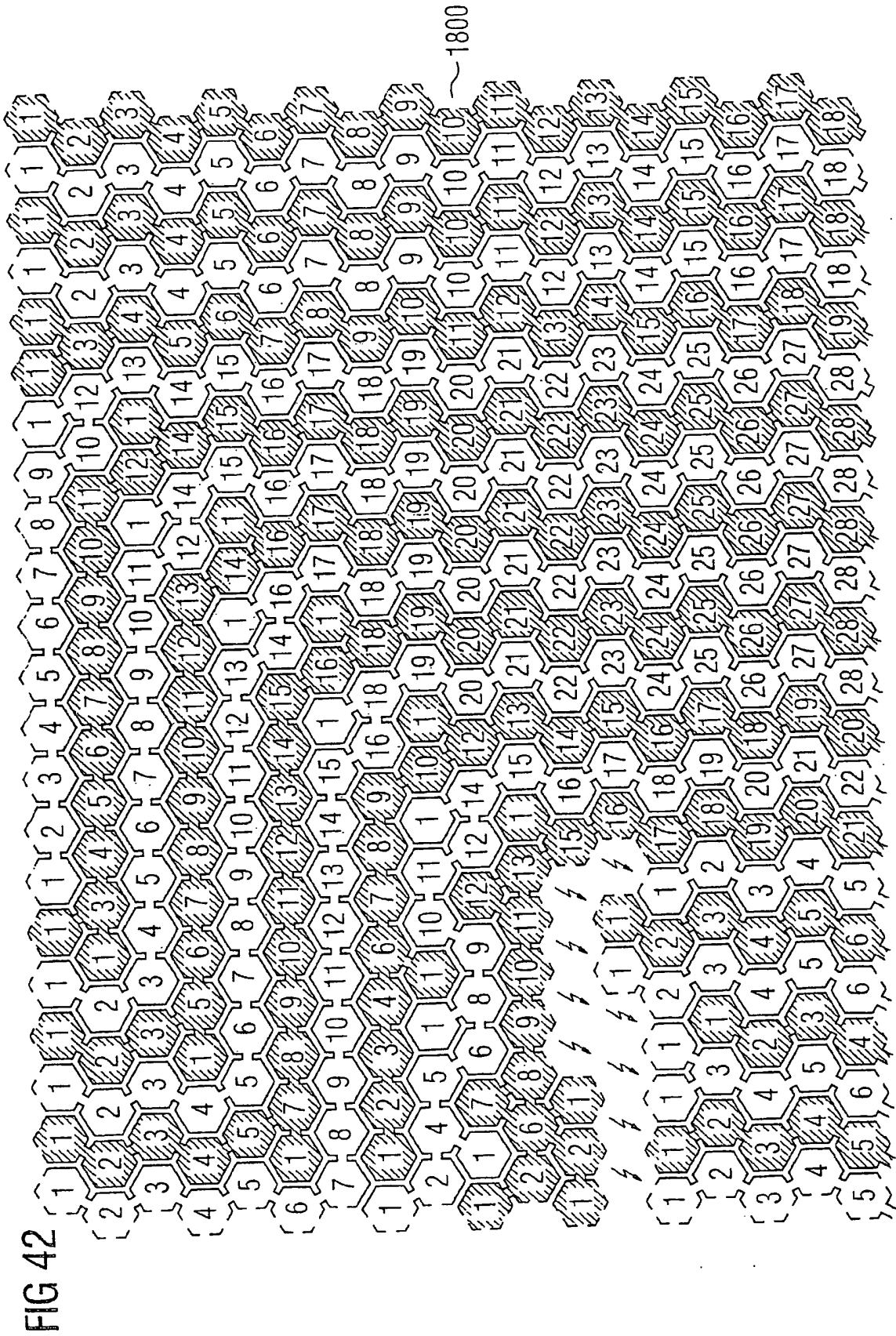


FIG 41





23/28

FIG 43

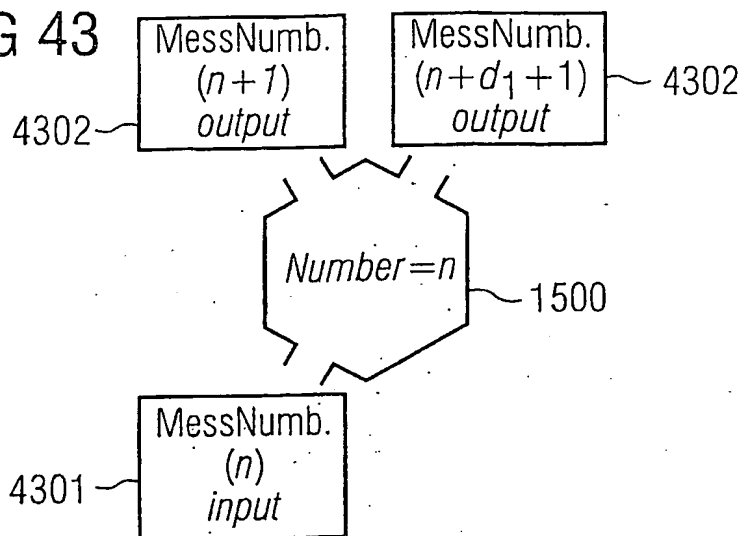


FIG 46

Beispiel: Routing-Tabelle Pixel Nr.123	
Nachrichtenummer n	Aktion
123	selbst Empfänger!
$124 \leq n \leq 135$	Versenden über Ausgang 1
$136 \leq n \leq 146$	Versenden über Ausgang 2
sonst	Fehler

~ 4600

FIG 48

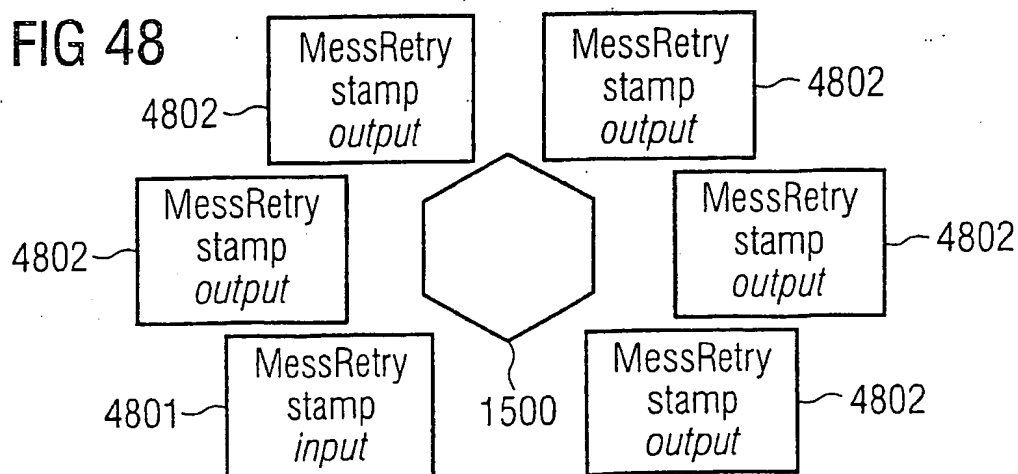
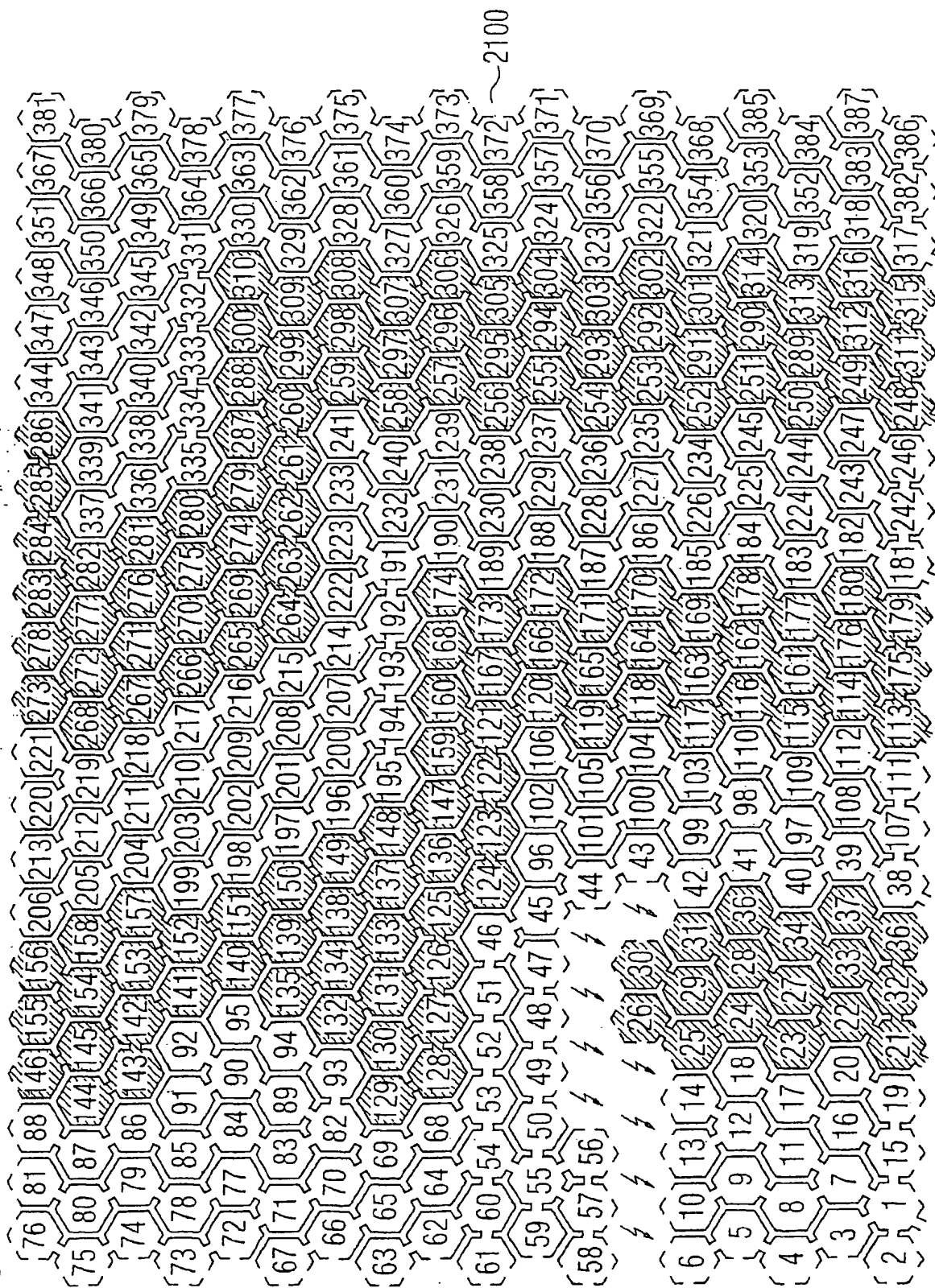


FIG 45



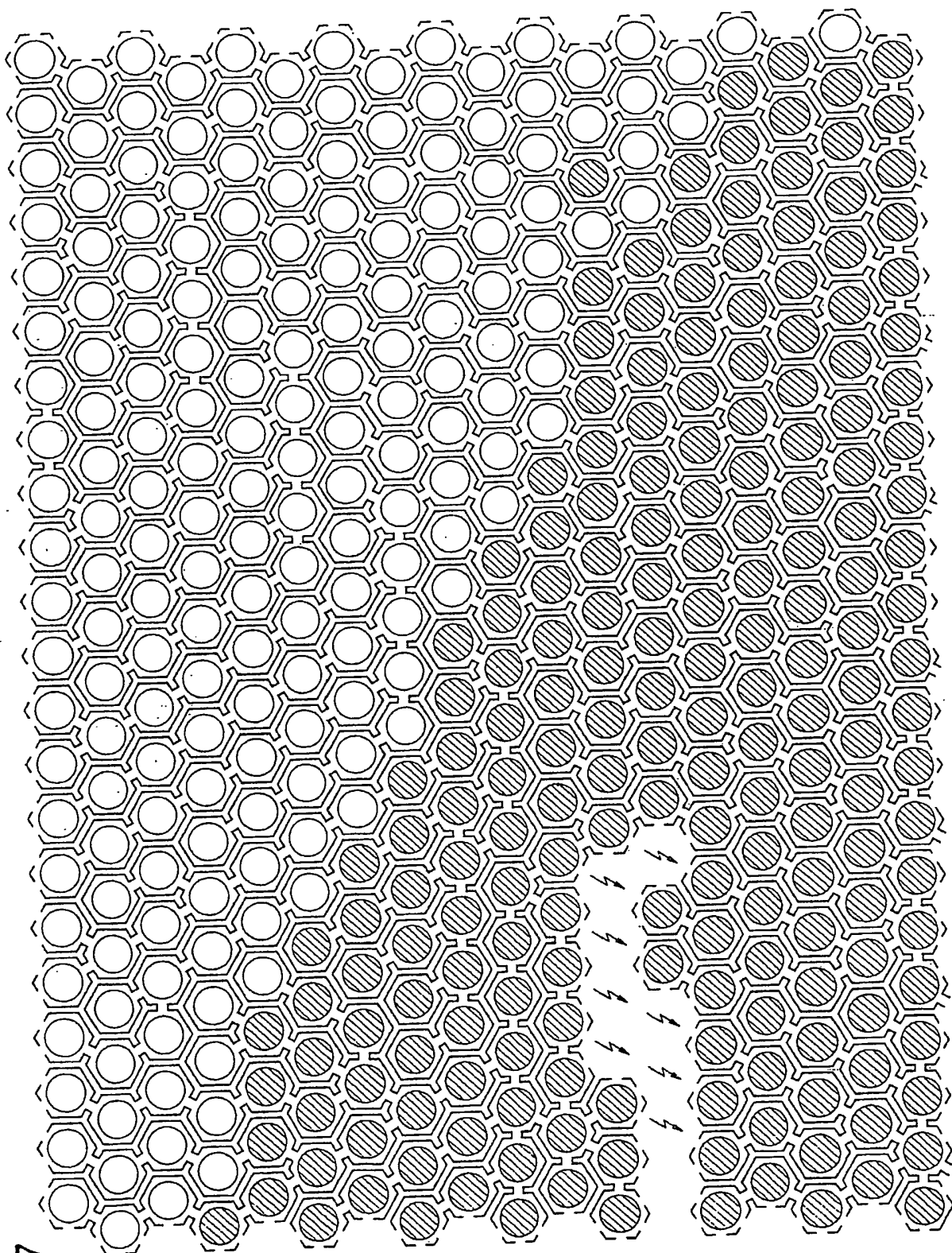


FIG 47

27/28

FIG 49

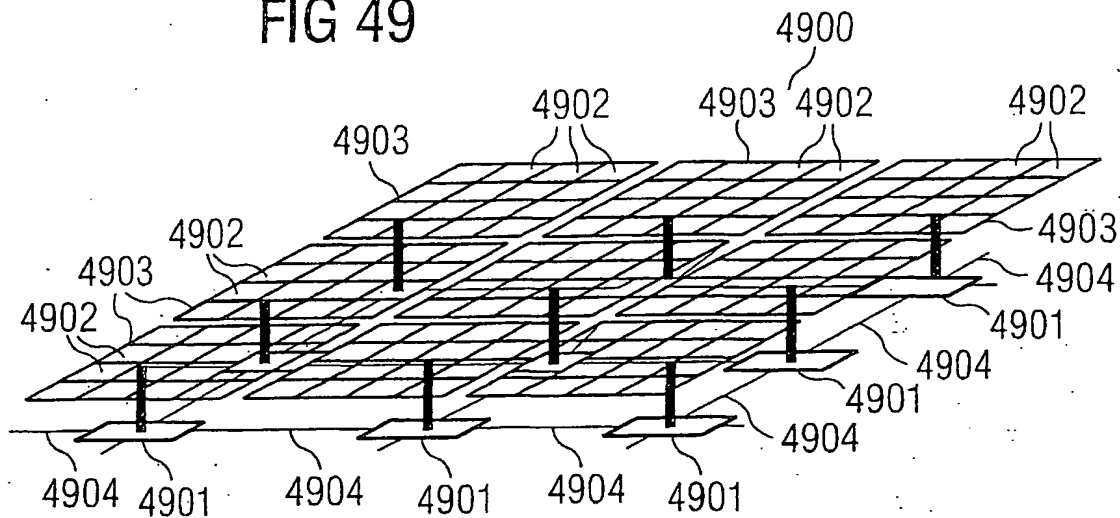


FIG 50

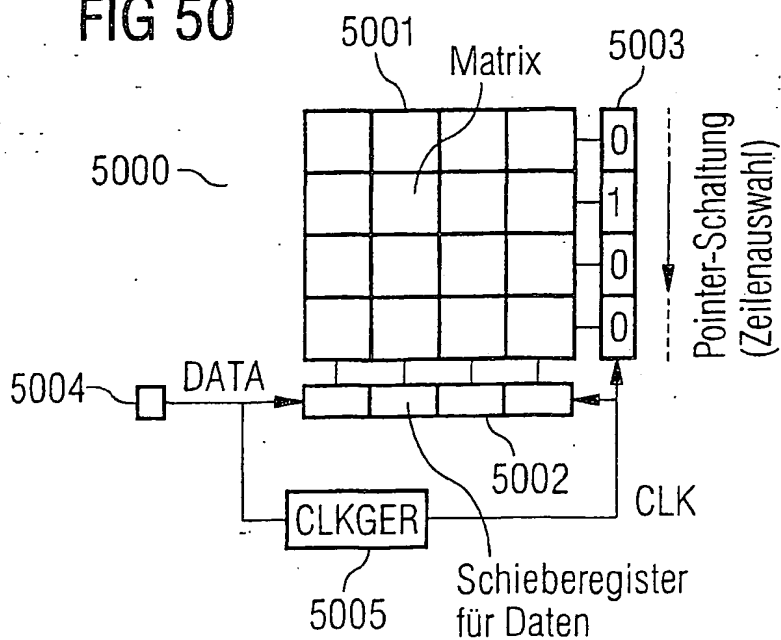


FIG 51

Nachricht	Parameter
MessBlock Token	Farbe, Farbabstand
MessChannel	-
MessColDistance	Farbe, Farbabstand
MessCollectinfo	Zeile, Spalte, Pixelnummer, Abstand, Farbabstand, Durchsatz
MessColOrganize	-
MessCountNodes	-
MessDeleteChannels	Stempel
MessDistance	Abstand
MessError	Pixelnummer, Verbindungsnummer
MessKoherenz	Richtung
MessNodesSize	Durchsatz
MessNumbering	Pixelnummer
MessOrganize	-
MessPosition	Zeile, Spalte
MessReset	-
MessRetry	Stempel
MessRGB	Pixelnummer, Rot, Grün, Blau
MessToken	Gewicht, Farbe